www.radio.ru

5•2015

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

• Доработка 6АС-2
• Многофункциональный частотомер
• Бесконтактное зарядное устройство
• Автомобильный стробоскоп
...и ещё 12 конструкций

5
2015

ISSN-0033-765X
9 770033 765009
15005

Радио — 120 лет!

В этом году исполняется 120 лет с того знаменательного момента, когда 7 мая 1895 г. русский физик и электротехник Александр Степанович Попов продемонстрировал на заседании Русского физико-химического общества свой прибор, который принимал сигналы от искрового вибратора Герца. Этот опыт доказал возможность передачи сообщений на расстояние без проводов.

Отмечая это событие, Союз радиолюбителей России провёл в апреле месячник активности радиолюбительских станций, в рамках которого радиолюбители всего мира имели возможность выполнить условия четырёх памятных дипломов и памятной плакетки, учреждённых СРР.

Плакетка.

Диплом MIX.

Диплом CW.

Диплом SSB.

Диплом DIGI.

ЦИФРОВЫЕ RLC-МЕТРЫ

www.aktakom.ru

Эконом-класс

АММ-3148

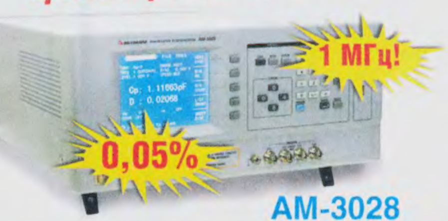
6 разрядов

АМ-3016

USB; LAN; RS-232; Автоматический сортировщик

АМ-3026

Графический анализ кривых резонанса



АМ-3028

Встроенный источник смещения

АММ-3068/3078/3088

Анализ трансформаторов

АММ-3038/3048/3058

Параметры	АММ-3148	АМ-3016	АММ-3038/3048/3058	АММ-3068/3078/3088	АМ-3028	АМ-3026
Точность	0,1 %	0,05 %	0,05 %		0,05 %	0,1 %
Тактовая частота (макс.)	100 кГц	200 кГц	300 кГц/ 500 кГц/ 1 МГц		1 МГц	5 МГц
ЖК-дисплей	5 разрядов	6 разрядов (240×60)	6 разрядов TFT (480×272)	6 разрядов TFT (800×480)	6 разрядов (320×240)	5 разрядов (320×240)
Ёмкость	0,001 пФ…10 мФ	0,00001 пФ…1 Ф	0,00001 пФ…10 Ф			0,00001 пФ…10 Ф
Индуктивность	0,001 мкГн…100 кГн	0,01 нГн…10 кГн	0,01 нГн…100 кГн			0,1 нГн…10 кГн
Сопротивление	0,0001 Ом…100 МОм	0,01 мОм…100 МОм				0,1 Ом…100 МОм

АМ-3055

карманный

АММ-3031

+ мультиметр

АММ-3035

+ графическая шкала

АММ-3320

DCR

100 кГц

Новинка!

АМ-3123
АМ-3125

DCR

Параметры	АМ-3055	АММ-3031	АММ-3035	АММ-3320	АМ-3123/АМ-3125
Точность	1,2 %	0,1 %	0,5 %	0,3 %	0,25 %
Тактовая частота (макс.)	3 Гц	2,2 Гц	100 кГц	100 кГц	10 кГц (АМ-3123) 100 кГц (АМ-3125)
ЖК-дисплей	3 ½ разряда; однострочный	4 5/6 разрядов; однострочный	4 ½ разряда; двухстрочный	4 ½ разряда; двухстрочный	5 разрядов; двухстрочный
Схемы измерения	2-х проводная	2-х проводная	4-х, 5-ти проводная	2-х проводная	3-х, 5-ти проводная
Ёмкость	1 пФ…60 мФ	10 пФ…4 мФ	0,01 пФ…20 мФ	200 пФ/…/20 мФ	0,01 пФ/0,001 пФ…20 мФ
Индуктивность	–	0,1 мкГн…6 Гн	0,001 мкГн…20 кГн	20 мкГн/…/20 кГн	0,01 мкГн/0,001 мкГн…1 кГн
Сопротивление	0,1 Ом…60 МОм	0,1 Ом…60 МОм	0,001 Ом…200 МОм	20 Ом/…/2 МОм	0,1 Ом…10 МОм

Читайте об измерении паразитных параметров и сортировке RLC-компонентов на www.eliks.ru в разделе "Мне нужно измерить..."

ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА www.eliks.ru

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. 9 мая — День Победы.

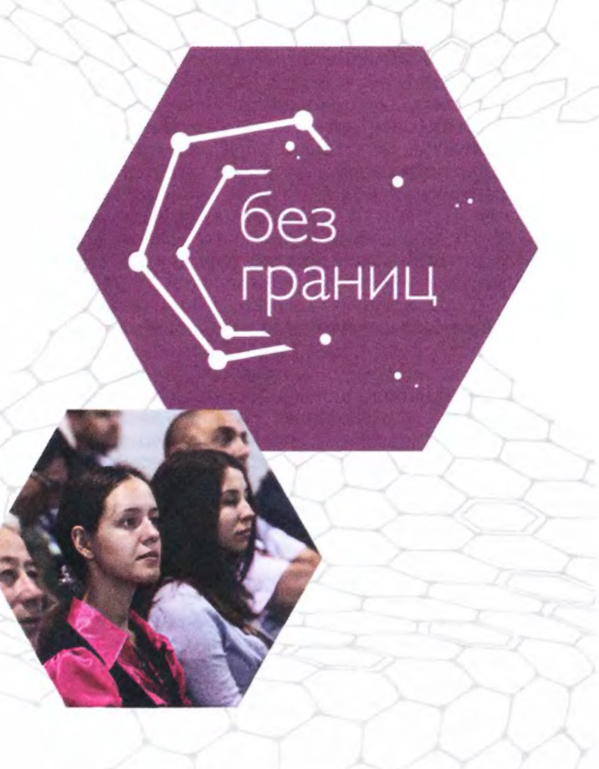
ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

АС ДЛЯ САЛОНА АВТОМОБИЛЯ
ОБЗОР СТАНДАРТА KNX
ОСОБЕННОСТИ ПОРТОВ ВВОДА—ВЫВОДА МК ATxmega
ИСПЫТАТЕЛЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Тираж журнала «Радио» № 4 сдан для рассылки подписчикам 02.04.2015 г.

SEMICON Russia – ведущий форум микроэлектроники в России.

SEMICON Russia – это главная демонстрационная площадка технологий, оборудования и материалов глобальной индустрии полупроводников и микроэлектроники. Она открывает перед своими участниками мир безграничных возможностей. Узнайте своих заказчиков, найдите партнеров и поставьте перед собой высокие бизнес-цели на форуме, которому нет равных в России.



КЛЮЧЕВЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

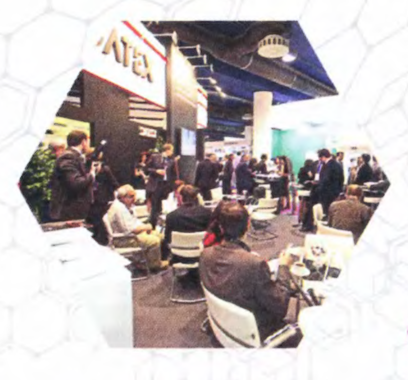
- Акцентированное внимание на растущие рынки (микроэлектронные системы, твердотельное освещение и связанные с ними технологии)
- Альянс промышленности, науки и государства как путь развития конкурентоспобной микроэлектроники в России
- Сессии ТехАРЕНЫ (бесплатное посещение)
  - Интеллектуальным Системам
  - Полупроводниковой Оптоэлектронике
  - Презентации участников

КОНФЕРЕНЦИЯ ПО РЫНКУ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

Темы Конференции будут сфокусированы на текущей деятельности и развитии российской микроэлектроники и смежных отраслей. Ведущие российские и зарубежные компании представят свои проекты, продукты, технологии и последние достижения. Конференция – уникальная платформа, предоставляющая возможность встретиться с поставщиками, партнерами и клиентами из российской и международной микроэлектронной отрасли.

Вторник, 16 июня 2015

Отметьте в своем календаре даты проведения SEMICON Russia 2015!



semi

17–18 июня
2015
Экспоцентр
Москва, Россия
www.semiconrussia.org

5•2015
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селиверстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ОАО "Сбербанк России" г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 17.04.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная

Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в ЗАО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-04-00244.

120 лет РАДИО

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Главная сила радио до сих пор в том, что в нём нет картинки".

Мишель Фьельд

Вторым и важнейшим после 70-летия Победы юбилеем в 2015 г. для нас является 120-летие открытия радио. Собственно, без него не обошлось в дальнейшем ни одно средство связи. И мы сейчас не обойдёмся, коснувшись некоторых занятных моментов из его истории.

В сотый раз про историю

Уж так получилось, что история открытия радио известна в целом и неизвестна в деталях. В ней прочно сплелись имена многих исследователей, которые параллельно шли к новым знаниям о "весьма быстрых электромагнитных колебаниях в эфире" (причём сам термин эфир уже давно исчез из терминологии физиков, но сохранился у "радистов"). На свой телефон А. Белл подал заявку на патент в 1876 г. лишь на полчаса раньше конкурента, а само нехитрое устройство было придумано чуть ли не на 15 лет раньше одним немецким учителем. Кстати, факс был придуман в 1843 г., т. е. задолго до первого телефона, о чём сегодня даже невозможно предположить.

Или вот говорят (или шутят), что американец Файло Франсуорт, вспахивая поле своего отца слева направо, придумал построчный способ передачи ТВ-изображения. Говорят также, что он же придумал название "телевизор". Впрочем, шотландец Д. Берд ещё в 1926 г. продемонстрировал малострочное электромеханическое чёрно-белое ТВ, а позже и цветное, но качество "картинки" испортило всё дело. Электронная передающая трубка Ф. Франсуорта под названием "диссектор" в самом начале 30-х была простой и надёжной и даже применялась в качестве экспериментального ТВ в США и Англии. Впрочем, профессор Петербургского технологического института Борис Розинг уже в 1911 г. демонстрировал на электронно-лучевом мониторе свою знаменитую "решётку" — белые полосы на чёрном фоне. Правда, в 1931 г. Б. Розинга арестовали за "финансовую помощь контрреволюционерам", а спустя два года он скончался в архангельской ссылке. В то же время Ф. Франсуорт пытался найти поддержку и у студии Paramaunt и у газетного магната Херста, но получил отказ как потенциальный конкурент газет и кино. Лишившись инвестиций, без возможности усовершенствования его электронная трубка не смогла конкурировать с иконоскопом конкурентов — выходцев из России Владимира Зворыкина и Дэвида Сарнова. Впрочем, Сарнов был не изобретателем, а скорее, грамотным маркетологом и продюсером в одном лице (к весьма немногочисленному списку подобных людей можно отнести, к примеру, Стива Джобса). Параллельно и независимо от американских разработок в СССР над иконоскопом работал Семён Катаев, проект передающей телевизионной трубки которого был разработан ещё до Зворыкина. Но первый практический результат был, однако, получен не им. И когда начинают говорить о том, что Ф. Франсуорт тоже имел корни в России, мы в благоговении замираем перед неистребимым гением наших соотечественников.

Когда Мартин Купер из фирмы "Моторола" в 1973 г. первым позвонил конкурентам из AT&T по первому мобильному телефону с нью-йоркской улицы, то опередил их совсем ненамного. Однако мало кто знает, что ещё в 1957 г. мобильный телефон появился в СССР силами радиоинженера и популяризатора радиотехники Леонида Куприяновича.

По установившейся многолетней традиции в России ежегодно 7 мая отмечается День радио. Александр Степанович Попов — наш отец радио (беспроволочного телеграфа, как его ещё называли), именно он 7 мая 1895 г. выступил на очередном 151-м заседании "Русского физико-химического общества" с историческим докладом "Об отношении метал-

лических порошков к электрическим колебаниям", где сделал сообщение о созданном им устройстве, предназначенном для приёма и регистрации электромагнитных волн. Это был первый в мире радиоприёмник. Он чутко реагировал электрическим звонком на посылки электромагнитных колебаний, которые генерировались вибратором Герца. А ещё А. Попова можно считать первым человеком, пославшим радиограмму, которая состояла из двух слов: "Генрих Герц".

Не секрет, что вокруг первенства в открытии радио за 120 лет наломано немало копий, о чём уже много рассказывалось на страницах журнала. Многие до сих пор считают первооткрывателем итальянца Гульельмо Маркони, ведь даже его противники не оспаривают вклад последнего в коммерциализацию и популяризацию применения радиосвязи. Да что там Г. Маркони, Верховный суд США отменил его патент от 1943 г., получив доказательства того, что Никола Тесла открыл радио намного раньше. Он провёл презентацию этой технологии перед Национальной ассоциацией электрического света США и даже получил в 1897 г. два патента — US 645576 и US 64962. Но в 1904 г. Патентное бюро США отменило своё решение, вручив патент на изобретение радио Маркони. Многие считают, что это было связано с финансовыми компаньонами Маркони — Томасом Эдисоном и Эндрю Карнеги. Указанные персонажи имели в то время достаточно оснований и власти, чтобы повлиять на решение патентной комиссии. К тому же хорошо известно, что Т. Эдисон всячески вредил Н. Тесле (своему, кстати, бывшему подчинённому) за его более эффективные электросети на переменном токе и даже содействовал проведению казней на соответствующем электрическом стуле, дабы показать, как этот ток опасен. Впрочем, это же позволяло правительству США не выплачивать Н. Тесле патентных отчислений.

Ещё в истории с открытием радио были и британец Уильям Крукс, и француз Эдуард Бранли. Ну а первые опыты, которые способствовали изобретению радио, положил американский стоматолог Махлон Лумис, который, используя атмосферное электричество, организовывал беспроводную связь с помощью воздушных змеев, поднимавших в воздух два провода. Уже в 1868 г. он смог передать сигнал на расстояние до 20 км. Так что все стоматологи мира могут гордиться этим фактом.

Утром нас будит радио — вечером усыпляет телевизор. Наверное, благодарное человечество должно, наконец-таки, перестать спорить и просто сказать всем вышеупомянутым (и даже неизвестным), но без преувеличения великим инженерам, большое спасибо! За телефон, за радио, за телевидение и за всё остальное, что нас до сих пор радует, трогает и "цепляет", а порой уже и "достаёт до печёнок". Но это уже другая история. Зато сегодня радио в ванной комнате установлено у 23 % жителей США, а для некоторых наших сограждан является откровением, что Достоевский Ф. М. — это не радио!

И, кстати, если бы не радио, мы бы не увидели Эйфелеву башню, которую должны были демонтировать после парижской Всемирной выставки 1889 г. Башня неожиданно пригодилась для установки радиоантенн. На стыке XIX и XX веков потерпел крушение пароход "Масенс", и во время спасательной операции успешно применили радиосвязь.

Любители, но серьёзные

Начало радиолюбительской связи датируется 1911 г., когда с помощью довольно примитивного оборудования несколько сотен американских энтузиастов проводили между собой сеансы радиосвязи на длине волны 200...600 м. Известия об их успехах просачивались в Европу, где вызывали большой интерес среди англичан и французов. В декабре 1921 г. в Шотландию прибыл один из ведущих радиолюбителей П. Годлей с неплохой по тем временам приёмной аппаратурой, которая без труда позволяла принимать около 30 радиостанций из США.

Через год уже 315 американцев были услышаны в Европе, а сигналы двух англичан и одного француза были приняты в США. Тогда же Госдепартамент США передал для использования радиолюбителями диапазон с длиной волны менее 200 м, считавшийся специалистами того времени полностью непригодным для радиосвязи. Однако кажущиеся бесполезными волны оказались вполне пригодными для радиолюбителей. В 1923 г. французу Делою (8АВ) и американцам Шнеллем (1МО) и Райнартцем (1XAN) удались первые двусторонние сеансы радиосвязи Европа—Америка на волне 110 м. А в октябре 1924 г. тот же Делой под позывным F8AB связался с Новой Зеландией (Z4K).

3 июля 1928 г. Николай Шмидт, не сын известного лейтенанта, а радиолюбитель из села Вознесенье-Вохма, принял странную радиограмму: "Италия... Нобиле... Франц Иосиф... держу землю...". С этого, собственно, и началась история счастливого спасения потерпевшего крушение дирижабля "Италия" с экспедицией генерала Нобиле. И уже давно радиолюбительство прокладывает молодым людям дорогу в большой мир науки. Радиолюбитель становится радистом-профессионалом, радиоинженером или даже автором нашего журнала.

Радио против радио

Перспективы радио были столь блестящи, что потребовали немедленной борьбы с ним же. Поэтому практически одновременно с открытием радио родилась радиоэлектронная борьба (РЭБ). Ведь не успел А. Попов открыть радио, как самым заинтересованным в новом способе связи, а точнее, новом средстве боевого управления, оказался русский флот.

Во время доклада российского Морского технического комитета в 1902 г. прозвучали такие слова: "Телеграфирование без проводов обладает тем недостатком, что телеграмма может быть уловлена на всякую постороннюю станцию и, следовательно, прочтена и, кроме того, передаваемая телеграмма может быть перебита и перепутана посторонними источниками электричества. Это несовершенство приборов приобретает особую важность во время войны, когда телеграмма может быть перехвачена неприятелем или спутана и искажена им во время получения на нашем корабле". Это ни что иное, как прямое указание к созданию первой в мировой истории радиопомехи. Через год, в марте 1903 г., А. Попов в докладной записке русскому военному ведомству сформулировал идею радиоразведки и радиоэлектронной борьбы.

Через год началась русско-японская война, где был зафиксирован первый случай ведения радиоразведки и создания радиопомех в боевых действиях. 7 марта 1904 г. вице-адмирал Степан Осипович Макаров издал исторический приказ № 27 — первый официальный флотский документ в области радиоэлектронной борьбы, в котором предписывалось следующее:

1. Беспроволочный телеграф обнаруживает присутствие, а потому теперь же поставить телеграфирование это под контроль и не допускать никаких отправительных депеш или отдельных знаков без разрешения командира, а в эскадре — флагмана. Допускается на рейдах, в спокойное время, проверка с 8 до 8.30 часов утра.

2. Приёмная часть телеграфа должна быть всё время замкнута так, чтобы можно было следить за депешами, и если будет чувствоваться неприятельская депеша, то тогда же доложить командиру и определить, по возможности, заслоняя приёмный провод, приблизительное направление на неприятеля и доложить об этом.

3. При определении направления можно пользоваться маневром, поворачивая своё судно и заслоняя своим рангоутом приёмный провод, причём по отчётливости можно судить иногда о направлении на неприятеля. Минным офицерам предлагается произвести в этом направлении всякие опыты.

4. Неприятельские телеграммы следует все записывать, и затем командир должен принять все меры, чтобы распознать вызов старшего, ответный знак, а если можно, то и смысл депеш.

В короткий срок практически на всех кораблях и судах флота было организовано несение вахт радиоразведки.

Особо следует выделить 15 апреля 1904 г., когда неприятельские броненосные крейсеры "Ниссин" и "Касуга" начали стрельбу по фортам и внутреннему рейду Порт-Артура. С самого начала стрельбы два лёгких японских крейсера, выбрав позиции против прохода Ляотешанского мыса, и будучи недосягаемы для крепостной артиллерии, начали телеграфировать, корректируя огонь. Немедленно броненосец "Победа" и станции Золотой горы начали перебивать большой искрой (более мощным сигналом своего передатчика, "забивая" частоту, на которой работал противник) рабочий диапазон, полагая, что эти крейсеры сообщают с помощью телеграмм стреляющим броненосцам о попадании их снарядов. Эффективность организованной помехи подтвержда-

лась и самими японцами: "Так как сношение по беспроволочному телеграфу с нашими наблюдающими судами прерывалось неприятелем находившейся на зюйд-остовом от входа берегу наблюдательной станцией, то трудно было корректировать стрельбу, и снаряды попадали недостаточно метко". Так начала развиваться РЭБ, и потому с 1999 г. 15 апреля отмечается в РФ как День специалиста по радиоэлектронной борьбе.

В 1911 г. профессором радиотехники Военно-морской академии А. Петровским впервые были теоретически обоснованы способы создания радиопомех и защиты от них радиосвязи, которые прошли практическую проверку на Черноморском флоте. Одновременно разрабатывались меры, позволяющие "...уходить во время сеансов радиосвязи от помех противника".

Отголоски влияния РЭБ на умы доносятся до нас из доклада на заседании ВЦИК 10 ноября 1917 г. Владимира Ленина, который говорил: "Мы имеем сведения, что наши радиограммы доходят в Европу. Так, наша радиотелеграмма о победе над Керенским была перехвачена австрийским радиотелеграфом и передана. Германцы же посылали встречные волны, чтобы задержать её". Так понимал суть РЭБ классик марксизма-ленинизма.

Как и любой другой вид деятельности войск, РЭБ находится в постоянном развитии и совершенствовании. В современных военных действиях она является одним из основных видов оперативного (боевого) обеспечения боевых действий войск. Опыт локальных войн и вооружённых конфликтов показывает, что применение сил и средств РЭБ может привести, например, к повышению боевого потенциала сухопутных войск в 1,5...2 раза, снижению потерь авиации в воздухе в 4...6 раз, а боевых кораблей в 2...3 раза. А вклад РЭБ в решение такой важнейшей оперативной задачи войск, как дезорганизация систем управления войсками и оружием противника, может достигать 70 %. Посему каждый новый вид радиотехнологий сразу же получал адекватный ответ со стороны РЭБ.

Так, к примеру, идею создания радиолокационных помех впервые высказал в 1937 г. член-корреспондент АН СССР М. Бонч-Бруевич при обсуждении работ над радиодальномерами и радиообнаружителями (до 1943 г. в СССР так называли РЛС).

Массированное информационное воздействие на людей с помощью радио впервые показало себя 30 октября 1938 г. в штате Нью-Джерси, когда транслировалась радиопостановка Орсона Уэллса по роману Герберта Уэллса "Война миров" в виде пародии на радиорепортаж с места событий. Из шести миллионов человек, слушавших трансляцию, один миллион поверил в реальность происходящего и в панике бросился спасаться. Дороги были забиты беженцами, телефонная связь "легла", тысячи "очевидцев" сообщали о якобы увиденных кораблях марсиан. Властям потребовалось шесть недель на то, чтобы убедить население, что нападения не происходило.

В августе 1941 г., отступая, советские войска оставили в Выборге радиомины Ф-10, которые приводились в действие по радио с помощью специальной мелодии. Вступившие в город финны, найдя одну из таких мин с невзорвавшимся зарядом, через несколько дней смогли разобраться в механизме взрывателя и с целью глушения сигнала стали транслировать в эфир другую мелодию — Сяккиярвен польку. Она была похожа на советскую диапазоном частот, а также почти не имела пауз. Польку передавали по радио в течение двух месяцев, пока гарантированно не разрядились батареи радиомин.

16 декабря 1942 г. ГКО СССР издано постановление "Об организации в Красной Армии специальной службы по забивке немецких радиостанций, действующих на поле боя". После войны происходит быстрое совершенствование средств радиосвязи, радиолокации и бортовых РЛС самолётов и кораблей, создание ракет с радиолокационными головками самонаведения. Одновременно возникла необходимость как снижения эффективности применения оружия и радиоэлектронных систем противника, так и защиты своих радиосетей и радиоэлектронных систем от подавления. Для этого в 1950-х годах разрабатываются и поступают в войска специальные средства РЭБ: передатчики радиопомех, дипольные и уголковые отражатели. С целью квалифицированного применения средств РЭБ в Советской Армии в этот же период создаётся специальная служба.

Интересно, что даже появлению слова "хакер" человечество обязано радио. "Хакерами" называли людей, взламывающих пароли на секретных радиостанциях.

В 1950—1953 гг. война в Корее весьма убедительно продемонстрировала эффективность применения радиоэлектронных средств. Дальнейшее развитие РЭБ свидетельствует о том, что её средства становятся практически радиоэлектронным оружием в борьбе с противником, его системами и средствами управления, а в ряде случаев — единственным эффективным средством воздействия на противника.

В 1950-е годы основным средством связи у военных с отдалёнными объектами были радиоволны, отражающиеся от ионосферы Земли. Чтобы повысить надёжность связи, американцы захотели дополнить её "искусственной ионосферой" и в начале 60-х годов вывели на среднюю околоземную орбиту 480 млн двухсантиметровых медных иголок (проект "Вестфорд"). Радиосигналы стали мощнее, однако большого развития это не получило из-за появления спутниковой связи, а также из-за протестов учёных, заявивших о недопустимости загрязнения космоса. Через несколько лет большинство иголок сгорели в атмосфере планеты, однако некоторые их скопления продолжают находиться на орбите и по сей день.

В середине 80-х годов прошлого века в ВС США и ОВС НАТО была разработана концепция боевого противодействия системам связи и управления (Command, Control, Communications Countermeasure — СССCM). В начале 90-х годов на её основе была разработана концепция борьбы с системами боевого управления. Одновременно началось создание интегрированной системы боевого управления, разведки, связи, компьютерного обеспечения и РЭБ. По мере развития сил и средств РЭБ выделился новый вид операций информационной войны — сетевая война или кибервойна , т. е. дезорганизация систем боевого управления противника через воздействие на его ЭВМ, локальные и глобальные компьютерные сети. И уже во время операции "Буря в пустыне" в 1990 г. и 1991 г. РЭБ сыграла одну из ключевых ролей.

Новейший этап развития РЭБ начался в 1993 г. и длится до настоящего времени. Была создана оперативно-стратегическая теория информационной войны . Технические средства РЭБ значительно усовершенствовались, завершилась их автоматизация, созданы интегрированные комплексы связи, разведки, управления и РЭБ, созданы перспективные виды нелетального оружия РЭБ, использующего электромагнитную и другие виды энергии, обеспечен доступ пользователей на тактическом уровне к глобальным базам данных, а также выдача целеуказаний вооружениям и средствам РЭБ в режиме времени, приближённом к реальному.

Какие параметры стали сегодня ключевыми для РЭБ? Часто всё зависит от мощности сигнала и ширины перекрываемого диапазона частот. Переход к цифровым способам обработки и формирования сигналов и миниатюризация позволяют делать системы, перекрывающие сразу весь рабочий диапазон в системах связи и радиолокации. Возникло понятие неэнергетической помехи. Современные средства обнаружения и обработки позволяют получать точную копию сигнала и сформировать аналогичный сигнал, поменяв те его параметры, которые необходимы для изменения работы радиосредства противника. То есть теперь вовсе необязательно применять силовое подавление и закрывать помехами весь экран. Подчас проще получить сигнал, разобрать его, изменить кое-что и вернуть назад. Иногда — вместе с выпущенной по вам ракетой.

Современный уровень развития электронной техники позволяет добиваться программными методами очень многого. Главное, чтобы электроника соответствовала уровню, достигнутому оппонентом. Недавно СМИ сообщали об облёте в Чёрном море российским самолётом, вооруженным средствами РЭБ, американского эсминца "Дональд Кук" и подавлении его систем обнаружения. Специалисты говорят, что эффект был. И был понят правильно.

Биорадио

В 2009 г. лауреат Нобелевской премии по борьбе с ВИЧ французский вирусолог Люк Монтанье впервые предположил, что бактерии могут общаться друг с другом с помощью радиоволн. Это вызвало много дебатов среди учёных, которые стали проводить подробные исследования на эту тему. И вот

однажды группа биофизиков из Северо-Восточного университета в Бостоне открыли, как функционирует это так называемое радио бактерий . В своих работах учёные опирались на то, что бактериальная ДНК в большинстве случаев является замкнутой петлёй. И по ней от атома к атому может бегать электрон. Будучи квантовой частицей, при перемещении электрон будет принимать различные значения энергии, т. е. перемещаться между энергетическими уровнями, излучая при этом энергию. Частота таких прыжков и будет соответствовать частоте излучения. По расчётам частоты излучения электрона при перемещении по кольцу ДНК соответствуют 0,5, 1 и 1,5 кГц. Кстати, сигналы именно таких частот ранее регистрировались у кишечной палочки.

Проблемой, однако, остаётся тот факт, что в то время как приведённая выше модель позволяет предположить, что некоторые бактерии могут производить радиоволны, пока нет доказательств, что такие радиоволны действительно используются бактериями в качестве средства общения. А это новая тема для исследований, которая, скорее всего, вдохновит учёных. Ведь самое главное уже установлено — бактериям хватает средств для генерации радиосигналов. Теперь осталось лишь определить, кто из них — радиолюбитель, кто — радиовещатель, кто — участник дуплексной радиосвязи, кто — средство РЭБ, а кто — один из узлов межбактериального Интернета. Быть может, вскоре от гриппа будут прописывать медицинские средства антибактериальной РЭБ...

Что же касается Интернета, для доставки которого во множестве используются радиоканалы сетей Wi-Fi, GSM, UMTS, LTE, то сегодня в него уходит и радио, и телевидение. Кстати, первое вещание радиостанции Internet Talk Radio в сети Интернет начал Карл Маламуд в 1993 г. А сегодня в нашем "радиодоме" всё смешалось, и для того, чтобы послушать радио в Интернете, к примеру, достаточно просто заплатить за телефон. В общем, 120 лет не прошли для радио даром. А то ли ещё будет...

По материалам ***Вестник связи, CNews, Армейский вестник, fishki.net, radiomuseum.ru, topwar.ru, foston.ru, inmoment.ru, modernarmy.ru, facte.ru, cqham.ru, muzey-factov.ru, doseng.org.***

150..., 140..., 120...

С. МИШЕНКОВ, г. Москва

2015 г. — год трёх основных юбилеев в области телекоммуникации:

1865 г. — создание Международного телеграфного союза — предшественника Международного союза электросвязи. Принятие "Телеграфной конвенции";

1875 г. — принятие "Телеграфного регламента";

1895 г. — открытие радио А. С. Поповым.

XIX век — век бурного развития промышленности, резкое увеличение требований к объёму и скорости доставки информации. Даже скорость передачи оптического телеграфа К. Шаппа (20 мин — с севера на юг Франции) стала недостаточной, особенно при двухстороннем обмене. Требовалась система связи со значительно большей скоростью передачи информации.

Развитие фундаментальной физики в XVII (У. Гильберт, Х. Гюйгенс), XVIII (Л. Гальвани, Ш. Кулон) и XIX (М. Фарадей, Х. Эрстед, Д. Максвелл, Г. Герц) веках уже подготовило необходимые сведения о генерировании, распространении в различных средах и возможности обнаружения электромагнитных полей.

В начале XIX века фундаментальные знания начали порождать технические предложения по их использованию. В свою очередь, практические применения потребовали углубления знаний, а те приводили к новым техническим разработкам.

Изобретение электромагнитного телеграфа — П. Шиллинг, С. Морзе, телефона — А. Белл, создание протяжённых воздушных линий электросвязи и прокладка трансатлантического кабеля потребовали углубления знаний по электротехнике, породили теорию цепей, продвинули познания в области теории электромагнитных колебаний.

Связь стала интернациональной, практически всемирной для разнородных групп людей, объединённых производством, добычей сырья, сбытом произведённых товаров. Без связи стали невозможны различные дипломатические мероприятия, разбор конфликтов и военные действия.

Фирмы разных стран выпускали и непрерывно совершенствовали телеграфное оборудование, но требовалось добиться совместимости устройств, расположенных в разных точках планеты и соединённых общей электрической цепью.

Кроме того, появилась необходимость сформулировать и принять международные документы, определяющие основные принципы применения электросвязи. Такая задача всемирного масштаба возникла впервые, для её решения в Париже была собрана конференция представителей 20 стран, включая Россию. Российскую делегацию на конференции возглавлял посол России во Франции барон А. Будберг.

Конференция 17 мая 1865 г. приняла "Первую международную телеграфную конвенцию*", в которой были заложены основы единой для всех международной связи, в том числе приняла, в качестве международной, азбуку С. Морзе, разработала проект "Регламента** телеграфной связи" и основала Международный телеграфный союз.

С 1 июня по 19 июля 1875 г. в Санкт-Петербурге проходила "4-я Международная телеграфная конференция". Российскую делегацию возглавлял Александр Жомини — советник министра иностранных дел. Конференция откорректировала "Международную телеграфную конвенцию" и приняла первый "Телеграфный регламент", оговаривающий алгоритмы оказания телеграфных услуг во всех странах мира (не подвергавшиеся уточнениям до 1932 г.).

Техника связи развивалась, телеграфная тематика была дополнена телефонной, проводную тематику с 1903 г. дополнили беспроводной, в 20-е годы появилось звуковое вещание, и с 1934 г. Международный телеграфный союз переименовали в Международный союз электросвязи (МСЭ), причём с 1947 г. он стал специализированным учреждением ООН.

Начиная с 1969 г., в честь образования МСЭ и подписания "Первой международной телеграфной конвенции", 17 мая отмечается Всемирный день электросвязи. В 2005 г., чтобы подчеркнуть важность информационно-коммуникационных технологий, а также сосредоточить внимание на вопросах, относящихся к информационному обществу, решено отмечать этот день и как Всемирный день информационного общества, а с 2007 г. — как Всемирный день электросвязи и информационного общества.

Основной лозунг МСЭ — "Верен идее соединить мир". В соответствии с этим лозунгом *"...МСЭ является специализированным учреждением Организации Объединённых Наций в области информационно-коммуникационных технологий — ИКТ. Мы распределяем радиочастотный спектр и спутниковые орбиты в глобальном масштабе, разрабатываем технические стандарты, обеспечивающие возможность эффективного присоединения сетей и технологий, и стремимся улучшить доступ к ИКТ для недостаточно обслуживаемых сообществ всего мира.*

МСЭ верен идее соединить всех людей в мире независимо от того, где они проживают и какими средствами располагают. Нашей работой мы охраняем и поддерживаем основное право каждого на общение.

**Конвенция — договор, соглашение между государствами по какому-либо техническому вопросу, определяющему решения, посвящённые производству, сбыту.*

***Регламент — совокупность правил, определяющих порядок деятельности.*

Сегодня ИКТ поддерживают всё, что мы делаем. Они помогают осуществить управление и контроль над службами неотложной помощи, водоснабжением, сетями энергоснабжения и распределения продовольственных товаров. ИКТ оказывает поддержку в сфере здравоохранения, образования, государственных услуг, финансовых рынков, транспортных систем, а также управления природопользованием. Кроме того, они в любое время и практически в любом месте позволяют людям общаться с коллегами, друзьями и семьёй.

Опираясь на помощь своих членов, МСЭ обеспечивает для всех людей эффективный, безопасный, простой и приемлемый по цене доступ к возможностям, предоставляемым современными коммуникационными технологиями.

Членский состав МСЭ — это представительный подбор организаций отрасли ИКТ. Имея в рядах своих членов организации из государственного и частного секторов, мы занимаем уникальное положение среди учреждений ООН. Так, помимо 193 Государств-членов, в членский состав МСЭ входят регуляторные органы в области ИКТ, ведущие академические учреждения и порядка 700 частных компаний.

В мире, который становится всё более взаимосвязанным, МСЭ является единственной глобальной организацией, охватывающей всех участников этой динамичной и быстрорастущей отрасли".

Эта длинная цитата, размещённая на официальном сайте МСЭ (**http://www.itu.int/ru/about/Pages/overview.aspx**), наиболее полно описывает предназначение и деятельность организации.

Все виды деятельности МСЭ осуществляются под руководством высшего органа — Полномочной конференции, которая созывается каждые четыре года, а в период между ними — Административного Совета. В Совете работают представители всех районов мира (48 человек).

Основная деятельность МСЭ осуществляется по трём направлениям, управляемым ассамблеей по стандартизации телекоммуникаций, конференцией по радиосвязи и конференцией по развитию телекоммуникаций (промежутки между созывами по каждому направлению — четыре года). Между созывами работают консультационные группы и группы по изучению по каждому направлению.

Такова весьма демократичная структура МСЭ, планы по изучению утверждаются на конференциях, а на последующих рассматриваются результаты исследований и утверждаются их результаты в виде рекомендаций. Любой член МСЭ может внести вклад по любому вопросу, который затем обсуждается членами, заинтересованными в решении данного вопроса. Формально рекомендации МСЭ не являются стандартами, но их выполняют во всех странах, на их основе создаются всемирные или национальные стандарты.

На конференции съезжаются делегации от 10—15 до 40—50 человек от каждой Администрации связи страны — специалистов связи различных силовых и гражданских ведомств. При глубоком обсуждении каждого вопроса достигается консенсус всех мнений при формулировании решения. Особенно важна при обсуждении кулуарная работа.

DOCUMENTS DIPLOMATIQUES DE LA CONFÉRENCE TÉLÉGRAPHIQUE INTERNATIONALE DE PARIS.

PARIS. IMPRIMERIE IMPÉRIALE. 1865.

"Материалы международной конференции 1865 г.".

Рабочий язык в группах обычно английский, на пленарных заседаниях обязателен синхронный перевод на шесть языков, включая русский, также все окончательные документы, аутентичные по содержанию, публикуются на шести языках.

Для обеспечения деятельности МСЭ в штаб-квартире в Женеве работают 700—800 штатных сотрудников, от Генерального секретаря до технических работников. Каждый из них — специалист высочайшего класса, выбираемый по его неофициальному рейтингу среди связистов. Для руководящих должностей обязательно чередование представителей от различных районов мира.

Русские специалисты заслужили уважение в МСЭ за всё время его существования, последние двадцать лет трое избирались вторыми лицами и 10—12 человек работали в штате. Обычно отмечалась широта знаний, системность и работоспособность русских. Многие связисты разных стран учились в России, например, предыдущий Генеральный секретарь, представитель Африки, закончил СПбГУТ им. Бонч-Бруевича и защитил диссертацию в МТУСИ.

Большому залу заседаний присвоено имя А. С. Попова, макет первого спутника занимает достойное место в музее МСЭ, перед входом в здание стоит копия скульптуры Е. Вучетича "Перекуём мечи на орала".

На первой подготовительной конференции по беспроводной телеграфии в Берлине в 1903 г. было точно отмечено значение работ А. С. Попова, открывшего в 1895 г. эру радио.

По определению Регламента радиосвязи, радио — общий термин, применяемый при использовании радиоволн.

А. С. Попов в 1895 г. впервые продемонстрировал действующую радиолинию. Ему принадлежат изобретение устройства автоматического встряхивания когерера после каждой регистрации принятого сигнала и применение приёмной антенны, позволившие создать первый реально действующий радиоприёмник.

Талант А. С. Попова не только в его инженерных разработках: электрооборудование Нижегородской ярмарки; первое практически действующее радиоприёмное устройство (собственно радиоприёмник и приёмная антенна); устройство для регистрации радиопомех, производимых грозовой деятельностью — "грозоотметчик"; радиоприёмник для слухового приёма; устройство для радиопередачи голоса; кристаллический детектор, но и в научных исследованиях — изучение условий распространения радиоволн в зависимости от проводимости почвы (лес, болото, степь), воды (Балтийское море, Чёрное море), от длины волны (от дециметровых до километровых); изучение распространения радиоволн привело к открытию возможности радиоопределения места приёмника по специальным радиомаякам, к открытию явлений затенения дециметровых волн (предтеча радиообнаружения — радиолокации); статистические исследования грозовых помех в разных регионах страны (с помощью "грозоотметчика", записывающего помехи на барабан в течение суток); изучение электромагнитной совместимости радиосредств и поиск возможных вариантов размещения нескольких приёмных и передающих уст-

ройств, при их одновременной работе на судне; поиск пар материалов для применения в кристаллических детекторах (сохранились вольт-амперные характеристики 2000 пар, снятые в лаборатории А. С. Попова); формулирование обязательности закрытия — шифрования передаваемой информации и "забития" вражеских передач (родоначальник радиоэлектронной борьбы); обучение офицеров флота, от мичманов до адмиралов, и разработка методик обучения физике и радиотехнике студентов института; создание нескольких учебных лабораторий (его методики, практически, пригодны для современной подготовки магистров и аспирантов). Американский институт радиоинженеров IEEE, оценивая его вклад, установил в 2005 г. памятную доску на мемориальной учебной лаборатории, созданной А. С. Поповым в ЛЭТИ.

Стараниями Александра Степановича в России начала развиваться радиопромышленность (знаменитый радиозавод им. Козицкого ведёт своё начало от "радиодепо", основанного для производства радиооборудования для флота).

Главная черта А. С. Попова — стремление к получению глубоких знаний (семинария, Санкт-Петербургский университет) и обязательное их применение для получения реального практического результата. Даже краткое ознакомление с сохранившимися материалами его исследований показывает, как глубоко он понимал физическую сущность работы его устройств, искал на её основе дальнейшее развитие конструкций, расширение их применений. Александр Степанович много времени уделял измерительным приборам, особенно специфическим, например, принципу работы и конструкции волномеров.

Жизненный путь А. С. Попова оборвался на взлёте, он слишком переживал за судьбы своих студентов в бурном 1905 г. Несмотря на российское (он руководил работой Русского физико-химического общества (РФХО), удостоен звания "Почётный инженер-электрик", был избран директором учебного электротехнического института, награждён медалями, получил премию Императорского русского технического общества и "по Высочайшему соизволению" вознаграждение 33000 золотых рублей "за труды по применению телеграфирования без проводов на судах флота") и всемирное признание его научно-технических заслуг, ему не могли простить либерального отношения к студентам руководимого им института.

Открытое им радио считалось одним из важнейших достижений человечества на рубеже веков, и только кончина Александра Степановича не позволила присудить ему Нобелевскую премию.

С 7 мая 1945 г. в честь первой демонстрации канала радиосвязи А. С. Поповым в нашей стране начали отмечать День радио.

Исполнилось 120 лет открытию радиопередач на "волнах Герца"

В. МЕРКУЛОВ, г. Москва

В конце 1880-х годов германский физик Генрих Герц (Heinrich Rudolf Hertz; 1857—1894 гг.) сделал эпохальное открытие невидимых глазу "быстрых электрических колебаний", называемых сегодня электромагнитными волнами. Однако в ходе выполнения многочисленных лабораторных работ он не обратил внимания на свойство изобретённого им диполя быть антенной. Разгадывать способность металлических проводников излучать электромагнитные волны довелось нашему соотечественнику, первооткрывателю радио Александру Степановичу Попову (1859—1906 гг.).

Заблуждение Г. Герца

Программа исследования невидимых электромагнитных волн Г. Герца предусматривала изучение их распространения. Вместе с тем Г. Герцу было неизвестно "тайное" и важное предназначение "толстых проволок" в его приёмопередающей системе. В своей известной работе "Силы электрических колебаний, рассматриваемые с точки зрения теории Максвелла" (1889 г.) он на нескольких иллюстрациях изобразил распространение электромагнитных волн от разрядного промежутка генератора. Уже более 100 лет эти графические пояснения тысячекратно повторяются по всему миру [1, 2], увеличенные их копии можно видеть и на стенах в отделе "Приборы лаборатории Г. Герца" (**рис. 1**) Немецкого музея в Мюнхене. Генрих Герц ошибался. В его передатчике антеннами служили провода изобретённого им диполя, в приёмной части — цепи настраиваемого контура резонатора. Герц не додумался до применения вертикальных или горизонтальных проводов-антенн в генераторе и резонаторе.

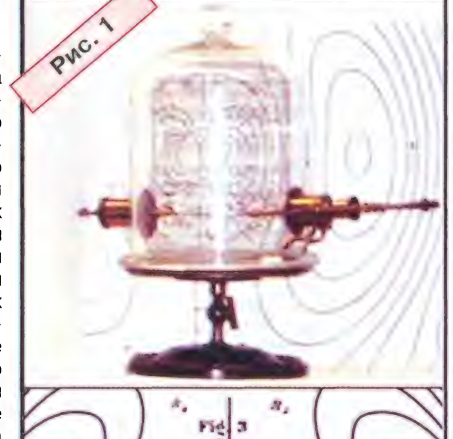
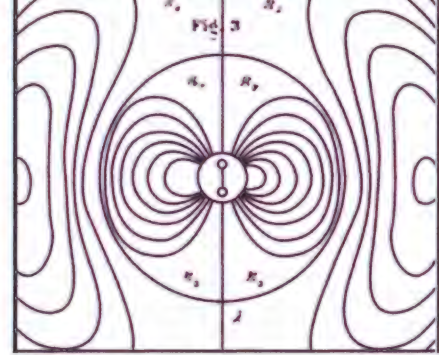


Рис. 1



При всём при том надо признать, Г. Герц предложил реальную и надёжно работающую приёмопередающую систему. Сразу же по завершении его работ у многих учёных и инженеров в Европе и Америке появились предложения по применению разработанной им аппаратуры для беспроводного телеграфирования.

Однако сам Г. Герц не понимал значимости сделанного открытия: сведения о высокочастотных волнах так же, как и электродинамические постулаты знаменитого шотландского физика-математика, члена Лондонского королевского общества (аналога российской Императорской Академии Наук) Джеймса Максвелла (James Clerk Maxwell; 1831—1879 гг.), он относил к абстрактным познаниям. На занятиях Г. Герц пояснял студентам: "В этом нет какой-либо необходимости. Проведённый эксперимент показал правоту маэстро Максвелла всего лишь. Получили мистические, невидимые глазом электромагнитные волны. Они действительно есть. И ничего более, я полагаю".

В 1889 г. к Г. Герцу обратился с запросом немецкий гражданский инженер Г. Губер из Мюнхена [1], не могут ли открытые Г. Герцем волны быть использованы для беспроволочного телеграфа? Через три года после смерти Г. Герца — в 1897 г. инженер Г. Губер переслал ответное письмо Г. Герца в германский "Elektrotechnische Zeitschrift" ("Электротехнический журнал"), которое и было там напечатано без комментариев:

"Милостивый государь!

Я с удовольствием отвечаю на Ваше любезное письмо от 1 декабря. Силовые магнитные линии распространяются подобно лучам так же, как и электростатические силовые линии, только тогда, когда их колебания достаточно быстры; в этом случае оба типа силовых линий неотделимы друг от друга, и лучи или волны, о которых идёт речь в моих исследованиях, могли с одинаковым правом быть названы как магнитными, так и электрическими. Но колебания трансформатора или телефона намного более медленны. Предположим, что у нас 1000 колебаний в секунду, что уже представляется довольно высоким числом колебаний; этому соответствовала бы в эфире волна длиной в 300 км; фокусные расстояния применяемых зеркал должны были бы

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

иметь размеры того же порядка. Если бы Вы были в состоянии построить вогнутые зеркала размером с материк, то Вы могли бы отлично поставить опыты, которые Вы имеете в виду. Но с обычными зеркалами практически сделать ничего нельзя, и Вы не сможете обнаружить ни малейшего действия. Так, по крайней мере, я думаю.

С совершенным уважением, преданный Вам Г. Герц."

Ставшее известным письмо-обращение великого физика к инженеру Г. Губеру проясняет, что Г. Герц не догадался, как исследованные им высокочастотные электромагнитные колебания могут служить переносчиками низкочастотных электрических процессов — телеграфных точек и тире, звуковых сигналов телефонии и др.

А. С. Попов "стоял на плечах гигантов"

В феврале 1676 г. английский физик, математик, механик и астроном, один из основателей классической физики сэр Исаак Ньютон (sir Isaac Newton; 1642—1727 гг.) в письме английскому естествоиспытателю, учёному-энциклопедисту и одному из отцов экспериментальной физики Роберту Гуку (Robert Hooke; 1635—1703 гг.) написал: "If I have seen further it is by standing on the shoulders of Giants" ("Если я видел дальше других, то потому, что стоял на плечах гигантов").

Русский учёный-физик и инженер А. С. Попов если и "видел дальше других", то потому, что тоже "стоял на плечах гигантов" — крупнейших европейских учёных — английского физика Майкла Фарадея (Michael Faraday; 1791—1867 гг.), Дж. Максвелла, Г. Герца. С их теоретическими изысканиями невидимых глазу электрических колебаний Александр Степанович был хорошо знаком. Более всего А. С. Попов боготворил Г. Герца, по его мнению, положительно совмещавшего в себе физика-теоретика и инженера.

После того как в декабре 1888 г. [2] Г. Герц опубликовал результаты своих двухлетних экспериментальных исследований по проверке электромагнитной теории Дж. Максвелла, через год в Минном офицерском классе А. С. Попов сконструировал компактные и эффективные приборы, подобные вибратору и резонатору Г. Герца, подходящие для лабораторных работ в учебном заведении. В первых числах января 1890 г. в Кронштадте собранную установку для демонстрации опытов Г. Герца по "обнаружению электромагнитных волн" он показал участникам VIII Съезда русских естествоиспытателей и врачей и сопроводил пояснениями. 7 марта (23 февраля) 1890 г. в кронштадтском собрании минных и других офицеров А. С. Попов в лекции "Новейшие исследования о соотношении между световыми и электрическими явлениями" впервые ознакомил специалистов флота с достижениями науки и техники в области электромагнитных волн. Многолетний ассистент А. С. Попова русский радиотехник Пётр Николаевич Рыбкин (1864—1948 гг.) в книге "Десять лет с изобретателем радио: страницы воспоминаний" [3] написал про первые публичные выступления А. С. Попова об опытах Г. Герца: "На своих лекциях Александр Степанович Попов уже в то время неоднократно высказывал мысль о возможности использовать лучи Герца для передачи сигналов на расстояние."

3 апреля (22 марта) 1890 г. в Санкт-Петербурге А. С. Попов выступил с публичной лекцией "Об электрических колебаниях с повторением опытов Герца" в зале Морского музея Главного Адмиралтейства Санкт-Петербурга "при большом стечении публики, состоящей из господ адмиралов, генералов и офицеров всех родов оружия, дам, частных лиц и учащихся". Выступление он закончил словами: *"Человеческий организм не имеет ещё такого органа чувств, который улавливал бы электромагнитные волны в эфире. Если бы изобрели такой прибор, который заменил бы нам электромагнитное чувство, то его можно было бы применить и в передаче сигналов на расстояние..."*. Интересно, что в 1894 г. подобно высказался и известный английский учёный-физик, член Лондонского королевского общества и будущий лауреат "Медали Фарадея" (1932 г.) Оливер Лодж (sir Oliver Joseph Lodge; 1851—1940 гг.) в лекции и статье "The work of Hertz" ("Творение Герца") [1], но он надеялся, что со временем инженерам удастся изобрести когереры малых размеров и вставлять их в человеческие глаза.

Рис. 2

Определённо можно утверждать, что в Европе и России А. С. Попов был одним из первых, кто оценил научно-техническую значимость открытия Г. Герца и начал разработку его утилитарного применения. Очевидно, что в лекциях А. С. Попов говорил о возможности практического использования волн Герца и сумел этим заинтересовать руководящих лиц российского ВМФ. Ассистент, в последующем профессор физики Санкт-Петербургского государственного технологического института, Николай Николаевич Георгиевский (1864—1940 гг.) свидетельствует: "Ещё до 1891 г. А. С. Попов в тесном кругу близких ему лиц высказывал мысль об использовании лучей Герца для передачи сигналов на расстояние". Примерно в это же время известнейший русский физик, основатель физической лаборатории в Императорском Московском университете, Александр Григорьевич Столетов (1839—1896 гг.) называл А. С. Попова "пропагатором герцологии".

К конкретным работам по воплощению идеи беспроводной электросвязи А. С. Попов приступил вскоре после изучения им упомянутой статьи "Творение Герца" О. Лоджа, опубликованной в британских журналах "Nature" ("Природа") в июньском и "The Electrician" ("Инженер-электрик") в июльском номерах 1894 г. [1]. В январском выпуске "Журнала Русского физико-химического общества" за 1896 г. А. С. Попов в статье "Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний" [1, 4] (**рис. 2**) написал: *"В начале текущего года (1895 г.) я занялся воспроизведением некоторых опытов О. Лоджа (Lodge O. J. The work of Hertz. — The Electrician, T. XXXVIII) над электрическими колебаниями с целью воспользоваться ими на лекциях; но первые же попытки показали мне, что явление, лежащее в основе этих опытов, — изменение сопротивления металлических опилок под влиянием электрических колебаний — довольно непостоянно; чтобы овладеть явлением, пришлось перепробовать несколько комбинаций."*

В той же статье [1, 4] и других работах А. С. Попов показывает своё знакомство с работами, выполненными предшественниками О. Лоджа — французским профессором физики Католического университета в Париже, членом Французской академии наук Эдуардом Бранли (Edouard Eugene Desire Branly; 1844—1940 гг.), индийским профессором физики и биологии, будущим членом Лондонского королевского общества Джагадишем Бозе (Jagadis Chandra Bose; 1858—1937 гг.), итальянским профессором физики Фемистоклом Кальчецци-Онести (Temistocle Calzecchi Onesti; 1853—1922 гг.), ирландским профессором физики и математики, членом Лондонского королевского общества Джорджем Минчиным (George Minchin; 1845—1914 гг.) и другими.

Несколько позже А. С. Попов выражал симпатии британо-итальянскому предпринимателю в продвижении электросвязи Гульельмо Маркони (Guglielmo Marchese Marconi; 1874—1937 гг.) за то, что тот в Англии имел наибольшую смелость на практике развивать беспроводную телеграфию: *"Дело не в личной славе, а в общей пользе деятельности того или иного лица. Ведь не будете же вы отрицать полезность работы Маркони? Деловой, коммерческий подход к изобретению иногда бывает не менее ценным, чем само изобретение"*.

В лабораторных условиях Г. Герцу удавалось наблюдать распространение искровых колебаний на расстоянии до 15 м. Длину искры в резонаторе ему приходилось измерять "на глаз", применяя мерные линейки и увеличительные стёкла. В 1894 г. О. Лодж предложил техническое решение (индикацию электромагнитных волн с помощью чувствительного гальванометра), увеличивающее приблизительно до 37 м дальность действия "волн Г. Герца", и надёжное их обнаружение с помощью радиокондуктора (когерера), изобретённого Э. Бранли в 1892 г. Однако новации оказались полезными лишь для эффектных публичных и учебных демонстраций изучаемого явления, реально они были далеки от пригодности для будоражащей умы телеграфии без проводов. Учёный изначально не озадачивал себя прикладным завершением научной работы. Спустя годы О. Лодж вспоминал, что проблемой индикации электромагнитных волн с помощью детектора (когерера) он занялся попутно. Не получилось, чтобы она полностью поглотила его. В 1908 г. О. Лодж на запрос комиссии Русского физико-химического общества об открытии А. С. Попова ответил: *"Попов впервые достиг того, что сам сигнал осуществлял обратное действие; полагаю, что в этом и состоит новшество, которым мы обязаны А. Попову. Оно было в скором времени принято Г. Маркони и другими. Я всегда был высокого мнения о работе профессора А. Попова над беспроволочным телеграфом"*. Письмо О. Лодж закончил выражением своего удовольствия, что заслуги А. С. Попова признают и на родине.

За рубежом и в России многие повторили эксперименты Г. Герца, Э. Бранли, О. Лоджа и на том остановились. Никто ничего больше сделать не смог. В уже упомянутой книге [3] П. Н. Рыбкин написал: "Статью Лоджа читали многие специалисты и многие пытались воспроизвести его опыты в интересах радиосвязи, но только такой знаток электрических колебаний, каким был А. С. Попов, мог дать учёному миру открытие". Значимость первоначальных и дальнейших исследований А. С. Попова очень велика. Его работы доказали практическую значимость накопленного ранее "абстрактного" материала.

ЛИТЕРАТУРА

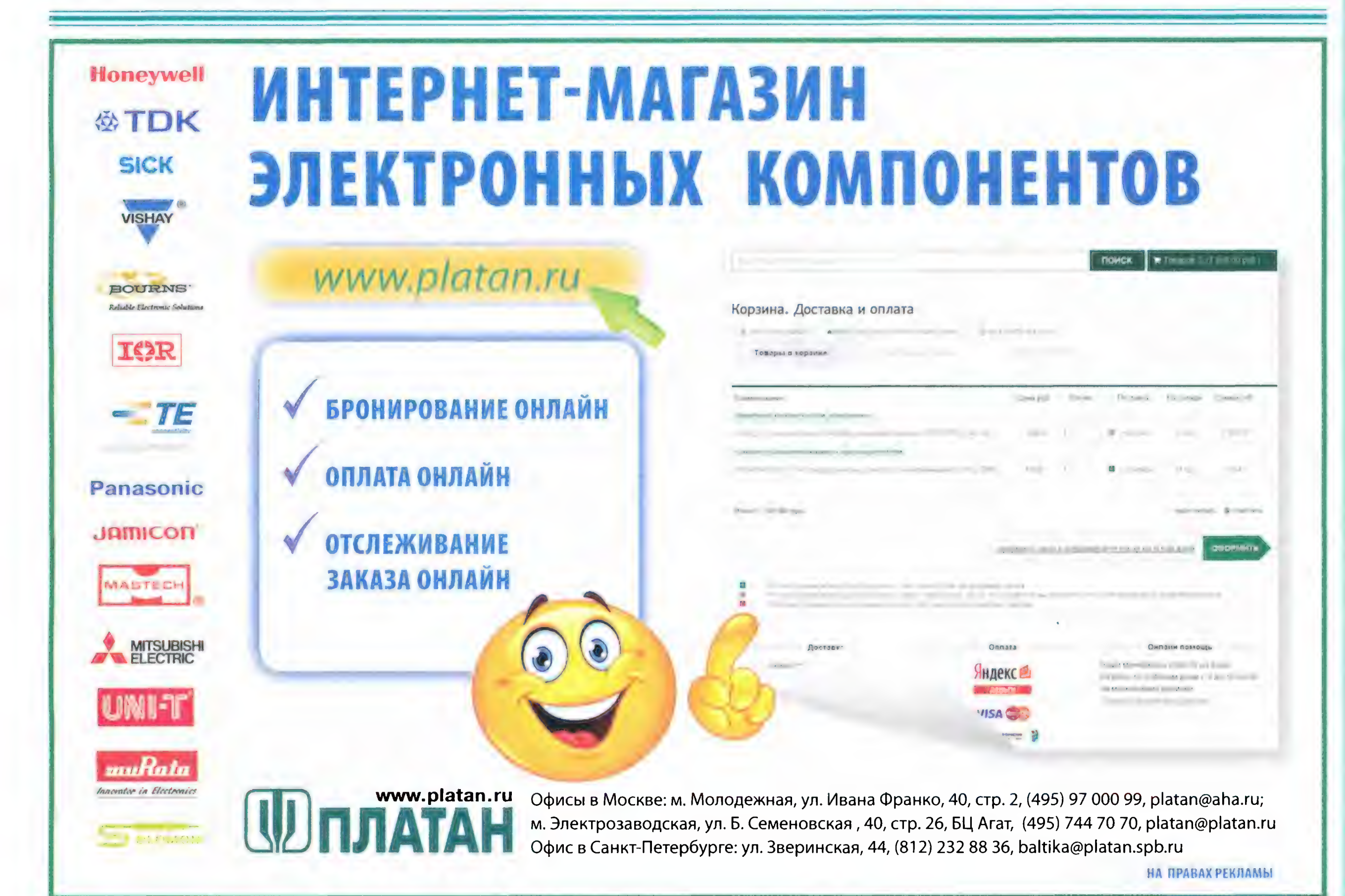
1. Из предыстории радио. Сборник оригинальных статей и материалов, вып.1, под ред. Л. И. Мандельштама. — М.-Л.: изд-во АН СССР, 1948. URL: **http://lib.mexmat.ru/ books/8553** (12.03.15).

2. **Меркулов В.** 120 лет весьма быстрых колебаний. — Радио, 2008, № 12, с.8—11. URL: **ftp://ftp.radio.ru/pub/2008/12/8.pdf** (12.03.15).

3. **Рыбкин П. Н.** Десять лет с изобретателем радио: страницы воспоминаний. — М.: Связьиздат, 1945. URL: **http://rybkin.h16.ru/ 10let.htm** (12.03.15).

4. **Попов А. С.** Прибор для обнаружения и регистрирования электрических колебаний. — Из истории изобретения и начального периода развития радиосвязи; сб. док. и материалов: сост. Л. И. Золотинкина, Ю. Е. Лавренко, В. М. Пестриков под ред. проф. В. Н. Ушакова; с. 158—171. — СПб.: изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина), 2008.

(Окончание следует)



Спутниковые ресиверы DRE(DRS)-4500

Устройство и ремонт

В. ФЁДОРОВ, г. Липецк

Принципиальная схема основной платы MB-08 rev.1.02, применённой в ресивере DRS-4500, очень похожа на схему платы ресивера DRE-4500, представленную в предыдущем номере. Поэтому здесь изображена только наиболее отличающаяся первая часть — **рис. 4.1**. Различия остальных частей схем перечислены в **табл. 1**.

В ресивере DRE-4500 использован NIM-модуль BS2F7VZ0194A, выпускавшийся фирмой Sharp. Одно из направлений её деятельности — разработка NIM- и HALF-NIM-модулей для ресиверов стандартов DVB-S/S2/C/T, ABS-S, ATSC, ISDB-T, DTMB и для цифровых телевизоров. Внешний вид модуля показан на **рис. 5**, а вид без экранирующей крышки — на **рис. 6**. Установка в нём широко распространённых микросхем позволила создать высококачественное устройство, применявшееся в огромном числе цифровых ресиверов различных мировых производителей. В настоящее время модуль снят с производства.

Структурная схема модуля дана на **рис. 7**. Сигнал с внешнего понижающего частоту конвертера поступает через входной F-разъём на компенсирующий усилитель, собранный на СВЧ-транзисторе 2SC5753 фирмы California Eastern Laboratories. Усиленный сигнал ответвляется на выходной разъём LOOP модуля для подключения дополнительного ресивера. Одновременно он приходит на РЧ-преобразователь с "нулевой" ПЧ, выполненный на микросхеме IX2476VA (маркировка производителя на корпусе — B0010). В её состав входят система АРУ, смесители I и Q с программно регулируемыми фильтрами НЧ, гетеродин с петлёй ФАПЧ. Микросхема работает с входными цифровыми сигналами стандарта DVB-S в интервале частот 950...2150 МГц, передаваемыми с символьной скоростью от 1 до 45 Мсимв/с.

На входе микросхемы включён регулируемый усилитель, обеспечивающий широкий диапазон регулировки для работы с входными сигналами различных уровней. Монолитный гетеродин имеет малые уровни побочных излучений, а его частота стабилизирована кварцевым генератором и петлёй ФАПЧ. Колебания образцовой частоты через буферизированный выход синхронизируют QPSK-демодулятор. Управление устройствами РЧ-преобразователя происходит по интерфейсу I^2C фирмы Philips (NXP) от управляющего процессора ресивера через I^2C-репитер (ретранслятор), входящий в состав QPSK-демодулятора. Микросхему IX2476VA выпускают в 48-выводном корпусе TQFP.

Сигналы составляющих I и Q с выхода микросхемы IX2476VA поступают на АЦП в QPSK-демодуляторе STV0299B. Сдвоенный АЦП преобразует их в шестиразрядную цифровую форму с частотой дискретизации до 90 МГц. Микросхема, кроме стандарта DVB-S, позволяет декодировать сигналы стандарта DSS (DIRECTV™). Поэтому оцифрованные сигналы после интерполятора проходят цифровой косинусквадратичный фильтр Найквиста с коэффициентами скругления 0,35 и 0,2.

В демодуляторе имеются две петли цифровой АРУ. Первая из них управляет коэффициентом усиления входного РЧ-преобразователя, а вторая воздействует на внутренние исполнительные цепи.

Из полученного сигнала восстанавливаются тактовые импульсы, которые синхронизируют работу узлов преобразования QPSK-сигналов в транспортный поток TS. Микросхема, используя находящийся в её составе порт ввода и вывода, может обеспечивать переключение питания конвертера и диапазонов приёма, а также инжектировать в кабель снижения сигналы системы DiSEqC. Однако в этом NIM-модуле такая функция не использована. Источник питания конвертера на рисунке показан условно и не входит в состав модулей. Он собран на отдельной специализированной микросхеме в ресивере DRE-4500 и на дискретных элементах в DRS-4500.

Параметры приёма QPSK-сигналов устанавливаются по шине I^2C, обслуживаемой процессором ресивера и работающей на частотах до 4 МГц. Микро-

Таблица 1

Элемент DRE-4500 (обозначение, исполнение, тип, номинал)	Аналогичная цепь DRS-4500 (обозначение, исполнение, тип, дополнительное подключение, номинал)
L9 — ферритовая бусинка	L10 — элемент поверхностного монтажа
Вывод 40 DD1 — 22K_ENABLE	Вывод 40 DD1 — не подключен
Вывод 42 DD1 — 22K_BLK	Вывод 42 DD1 — не подключен
L16 — ферритовая бусинка	L12 — элемент поверхностного монтажа
C98	Параллельно C98 — C102 — 100 мкФ x 25 В
L17 — выводный корпус	L18 — элемент поверхностного монтажа, последовательно — резистор R9 — 10 Ом
L18 — ферритовая бусинка	Отсутствует
L15 — выводный корпус	L17 — элемент поверхностного монтажа, последовательно — резистор R40 — 100 Ом
DM3 — RF-H2170MUP	DM3 — TNF-0170U623R
L20 — выводный корпус	L16 — элемент поверхностного монтажа
L14 — выводный корпус	L15 — не установлена
C70 — 47 мкФ x 50 В	C70 — не установлен
C71 — 0,1 мкФ	C71 — не установлен

Таблица 2

Вывод	Обозначение	Описание
A	—	Вход РЧ 950...2150 МГц
B	—	Выход РЧ 950...2150 МГц (LOOP — обход)
1	B1B	Питание внешнего конвертера от ведомого ресивера (выход LOOP)
2	B1A	Штатное питание внешнего конвертера
3	B4	Напряжение питания компенсир. усилителя +3,3 В
4	B2	Напряжение питания IX2476 — +3,3 В
5—7, 10	NC	Не использованы
8	SDA	Сигнал данных шины I^2C
9	SCL	Сигнал синхронизации шины I^2C
11	B3	Напр. питания цифровой части STV0299B — +3,3 В
12	F22	Выход сигнала 22 кГц
13	VDD	Напр. питания цифровой части STV0299B — +2,5 В
14—21	D0—D7	Выходы разрядов данных D0—D7 TS
22	BCLK	Тактовый выход TS
23	D/P	Сигнал валидатора данных VLD (при 1 — на выходах D0—D7 данные, при 0 — биты чётности)
24	STR OUT	Сигнал первого пакета в TS (1 — флаг первого пакета)
25	ERROR	Сигнал пакетной ошибки TS (1 — пакет некорректен)
26	RESET	Аппаратный сброс STV0299B

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2015, № 4

РАДИО № 5, 2015 ВИДЕОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 608-83-05
РАДИО®

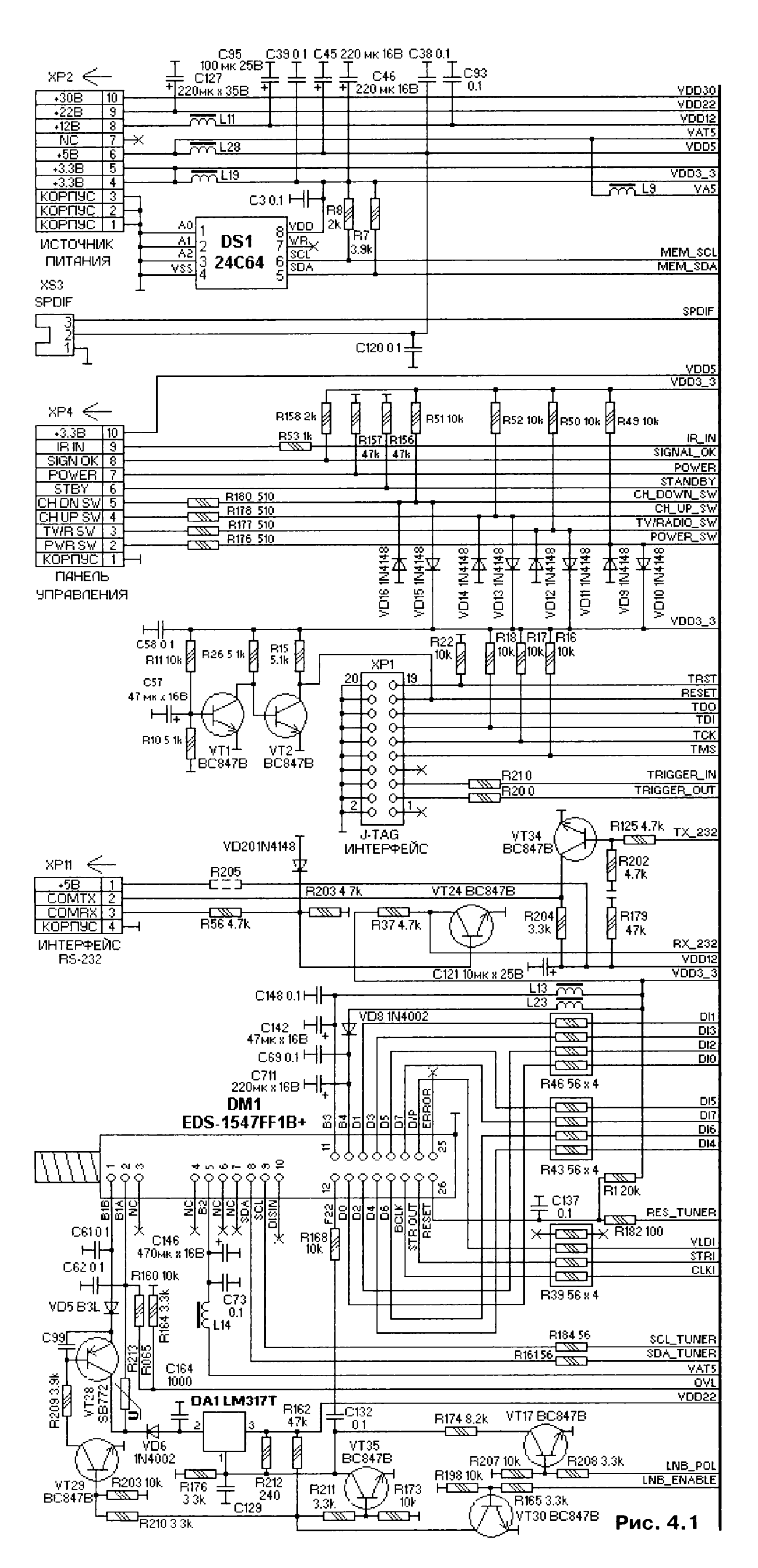


Рис. 4.1

схема имеет режим репитера, при котором сигналы шины I^2C от центрального процессора пересылаются на дополнительную шину, работающую на частотах до 400 кГц. По дополнительной шине возможно управление другой микросхемой в ведомом режиме. В нашем модуле это РЧ-преобразователь.

Микросхема STV0299B была спроектирована в 2000 г. Её выпускали в 64-выводном корпусе TQFP. Для её питания используются два напряжения: 3,3 В — для интерфейсов ввода и вывода, а также 2,5 В — для аналоговой части входного АЦП и ядра.

Модуль BS2F7VZ0194A обеспечивает приём сигналов системы DVB-S с входным уровнем в интервале –65...–25 дБм и символьной скоростью от 2 до 45 Мбит/с и преобразовывает их в транспортный поток TS. Свёрточный декодер Виттерби внутреннего кода обрабатывает ошибки со значениями 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 с длиной кодового ограничения K = 7. Контроль пакетных ошибок и их исправление происходят в декодере внешнего кода Рида-Соломона. Функционирование модуля возможно при температуре 0...60 °C (температура хранения — –20...+85 °C) и влажности не более 85 % (при хранении не более 95 %).

Обозначение выводов модуля и их функциональное назначение указаны в **табл. 2**. Масса модуля — 35 г.

Для работы модулей необходимы напряжения 3,3 ± 0,165 и 2,5 ± 0,125 В. Потребляемый от источников ток не превышает 200 и 350 мА соответственно. Для устойчивости входных цепей линия 3,3 В подключена через помехоподавляющий фильтр к отдельному стабилизатору напряжения.

Принципиальная схема NIM-модуля BS2F7VZ0194A (преобразователя РЧ и QPSK-демодулятора) показана на **рис. 8**. Входной сигнал ПЧ с внешнего конвертера проходит через разъём на усилитель, компенсирующий затухание сигнала в соединительном кабеле снижения. Он собран на СВЧ-транзисторе VT1. Усиленный сигнал с выхода усилителя поступает через симметричный делитель-трансформатор на элементах L8, L9, R8 на выходной разъём (петля обхода для подключения второго ресивера) и на РЧ-преобразователь D1. ФНЧ на элементах L1 L4, C4 C6, C8 C13 препятствует проникновению СВЧ-колебаний в цепи питания модуля.

Сигнал гетеродина необходимой частоты формируется в микросхеме D1 с использованием петли ФАПЧ. Она определяет частоту принимаемого канала, а её установка обеспечивается по шине I^2C. Первая петля АРУ состоит из детектора и усилителя-формирователя в QPSK-демодуляторе D2, а также исполнительного усилителя, управляемого напряжением, в микросхеме D1. Система АРУ поддерживает размах сигналов I и Q на выходе преобразователя РЧ на постоянном уровне при изменении входного сигнала в широком диапазоне.

Микросхема D1 управляется по шине I^2C через репитер, находящийся в демодуляторе D2. Работа узлов микросхемы D1 синхронизирована образцовым генератором, стабилизированным квар-

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

цевым резонатором BQ1. Эти же колебания синхронизируют и QPSK-демодулятор в D2.

Сигналы I и Q с выхода РЧ-преобразователя D1 поступают на микросхему D2, преобразующую их в транспортный сигнал TS. Входной сигнал оцифровывается внутренним сдвоенным АЦП, восстанавливаются несущая и тактирующие импульсы. Делитель R24—R26 задаёт интервал напряжений, в котором происходит преобразование входных сигналов. После АЦП цифровой сигнал проходит цепи компенсации смещения постоянной составляющей, вносимой во входные сигналы РЧ-преобразователем. На выходе компенсатора установлен детектор первой петли АРУ, управляющей регулируемым входным усилителем РЧ-преобразователя D1.

Оцифрованные сигналы последовательно проходят фильтр Найквиста, интерполятор, вторую внутреннюю петлю цифровой АРУ, а также декодер Виттерби, цепи деперемежения по Форни и декодер Рида-Соломона. После корректирования ошибок сигнал обрабатывается в компенсаторе энергетической дисперсии и в синхроинверторе. Полученный транспортный сигнал TS с выхода микросхемы поступает на выход NIM-модуля.

Соответствующие узлы микросхемы D2 оценивают качество принимаемого канала, которое записывается в её регистрах. Управление её узлами происходит по шине I²C. Использование репитера шины в микросхеме D2 уменьшает число управляющих линий для контроля над микросхемами D1 и D2 с четырёх до двух.

Ядро QPSK-демодулятора D2 модуля питается напряжением +2,5 В, а периферийные устройства — напряжением +3,3 В. Подача питающих напряжений на микросхему происходит по правилу, при котором первым поступает напряжение +2,5 В, а затем — +3,3 В. Выключение питающих напряжений должно быть в обратной последовательности.

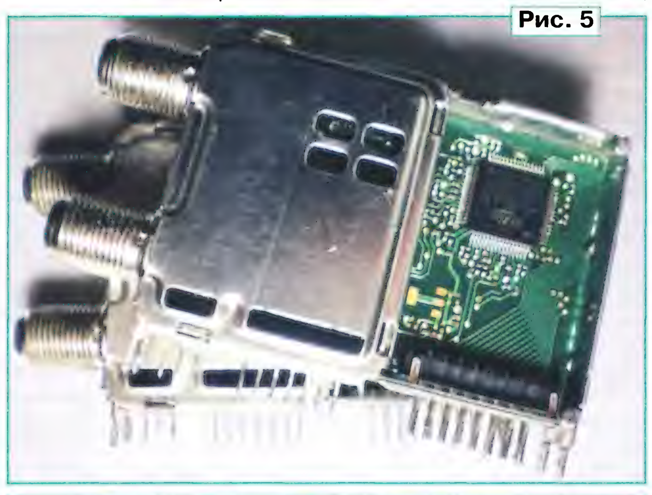


Рис. 5

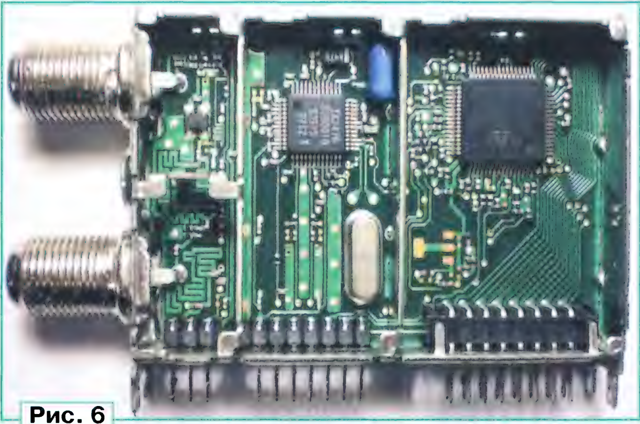


Рис. 6

Управление микросхемой IX2476VA (D1) обеспечивается стандартным управляющим интерфейсом I²C. Он функционирует на рабочих частотах до 400 кГц в режиме fast mode. У микросхемы имеются четыре управляющих адреса. Их выбирают аппаратно, подавая необходимое постоянное напряжение на вывод ADR (ADRess select) согласно **табл. 3**. Такая функция предназначена для управления несколькими модулями в мультипрограммных применениях. В описываемом модуле адрес микросхемы для записи равен C0h, для чтения — C1h.

Частота гетеродина, параметры петли ФАПЧ и другие настройки микросхемы обеспечиваются при пересылке по шине I²C пяти байт данных в соответствии с **табл. 4** при установленном в 0 бите RTS в формате

I2Sstart → БАЙТ1 → БАЙТ2 → БАЙТ3 → БАЙТ4 → БАЙТ5,

где БАЙТ1 — адрес микросхемы IX25765VA. При чтении микросхемы на неё отправляют адреса с флагом чтения. В ответ микросхема выдаёт на шину I²C байт, содержащий значения регистра состояния. Он предназначен только для чтения. Управляющие регистры доступны как для записи, так и для чтения.

Необходимая частота гетеродина, представляющего собой генератор, управляемый напряжением (ГУН), и охваченного петлёй ФАПЧ, обеспечивается так. Колебания гетеродина делятся СВЧ-прескалером с коэффициентом деления **P** (16 или 32). После прескалера включён поглощающий счётчик с устанавливаемыми коэффициентами фиксированного **N** и переменно-

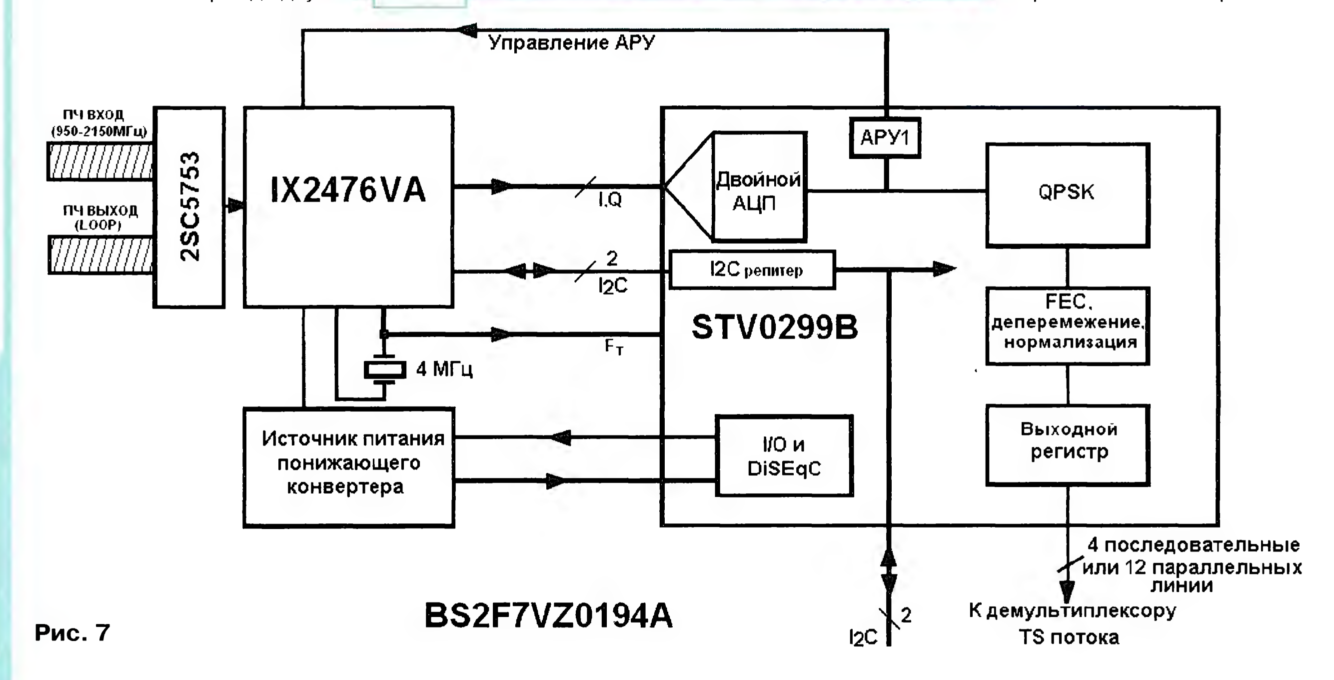


Рис. 7

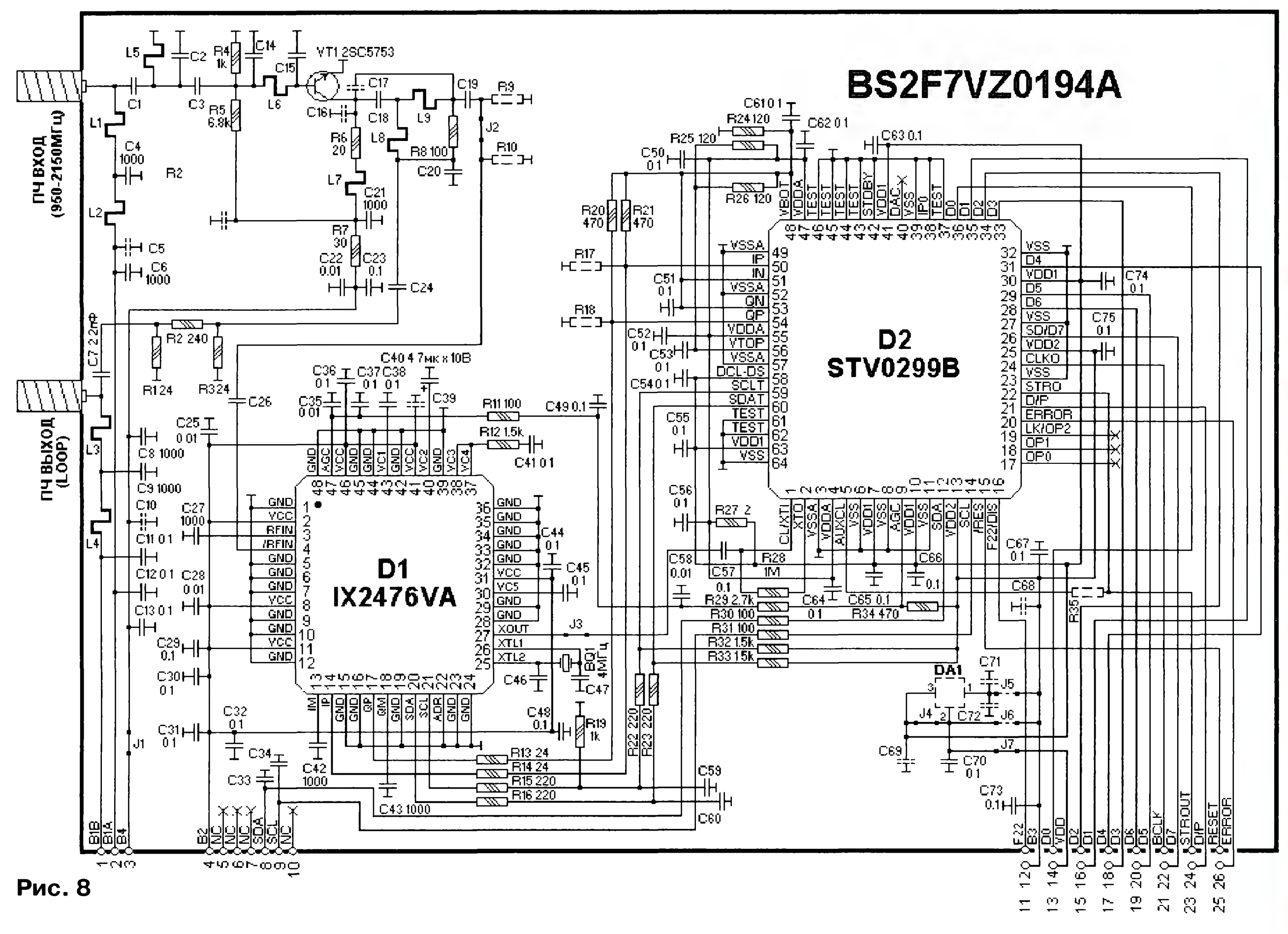


Рис. 8

Таблица 3

Напряжение на выводе ADR	БАЙТ АДРЕСА							
	D7(MSB)	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0(LSB)
ЗАПИСИ								
0…0,1 B2	1	1	0	0	0	0	0	0
Не подключён	1	1	0	0	0	0	1	0
(0,4…0,6) B2	1	1	0	0	0	1	0	0
(0,9…1) B2	1	1	0	0	0	1	1	0
ЧТЕНИЯ								
0…0,1 B2	1	1	0	0	0	0	0	1
Не подключён	1	1	0	0	0	0	1	1
(0,4…0,6) B2	1	1	0	0	0	1	0	1
(0,9…1) B2	1	1	0	0	0	1	1	1

Примечание. B2 — напряжение на выводе 4 NIM-модуля.

го **A** делений в интервалах 5—255 и 0—31 (при **A** < **N**). Частота полученного сигнала сравнивается с частотой колебаний образцового генератора **Fosc**, делённой на коэффициент **R**. Напряжение ошибки воздействует на управляющий вход ГУН, стабилизируя его частоту.

Частоту ГУН вычисляют по формуле **FГУН = [(P*N) + A]*Fosc/R**.

Коэффициент деления **P** прескалера переключают битом **PSC**. При значении 0 бита коэффициент равен 32, при установке бита в 1 — 16. Коэффициенты деления поглощающего счётчика **N** и **A** устанавливают битами **N8—N1** и **A5—A1** соответственно. Значения **N** меньше пяти запрещены. Коэффициент деления **R** частоты образцового генератора переключают битом **REF**. В случае значения 0 бита коэффициент равен 4, значение 1 бита соответствует коэффициенту 8. При частоте генерации кварцевого резонатора 4 МГц частота сравнения будет равна соответственно 1 МГц и 500 кГц.

Биты **DIV**, **BA2**, **BA1**, **BA0** служат калибровочными для ГУН (устанавливают интервал частот генерации выходного сигнала): 1110 — 950…1065 МГц; 1111 — 1065…1170 МГц; 0001 — 1170…1300 МГц; 0010 — 1300…1445 МГц; 0011 — 1445…1607 МГц; 0100 — 1607…1778 МГц; 0101 — 1778…1942 МГц и 0110 —1942…2150 МГц.

Биты **C1, C0** определяют ток подкачки управляющей цепи в петле ФАПЧ (значение по умолчанию — ±1200 мкА): при 00 — ±120 мкА, 01 — ±260 мкА, 10 — ±555 мкА, 11 — ±1200 мкА.

Коэффициент усиления входного усилителя устанавливают битами **BG1** и **BG0**. При значении 00 или 01 коэффициент равен 0 дБ, при 10 — –2 дБ, при 11 — –4 дБ. Биты **PD5, PD4, PD3, PD2** определяют полосу пропускания выходных ФНЧ составляющих Q и I выходного сигнала QPSK. Полоса пропускания ФНЧ по уровню –3 дБ принимает значения от 10 до 30 МГц с шагом 2 МГц при изменении значений битов от 0011 до 1101.

При установке бита **RTS** в 0 микросхема функционирует в обычном режиме, а при значении 1 переходит в тестовый.

Контрольные биты регистра состояния предназначены для чтения. Бит **POR** в значении 0 свидетельствует о том, что на микросхему подано нормальное напряжение питания (более 2,2 В), а все регистры установлены по умолчанию. Значение 1 этого бита сигнализирует о том, что напряжение питания ниже нормы, а микросхема не функционирует.

Бит **FL** контрольного регистра определяет захват требуемой частоты петлёй ФАПЧ. Если он имеет уровень 0, петля ФАПЧ находится в состоянии захвата. При значении 1 этого бита система находится в режиме ошибки.

Микросхема STV0299B имеет управляющий адрес для записи D0h, а для чтения — D1h.

Как было указано выше, в ресиверах DRS-4500 применён модуль EDS-1547FF1B+, который подробно описан в [2].

Таблица 4

БАЙТ	УПРАВЛЯЮЩИЙ БАЙТ							
	D7 (MSB)	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0 (LSB)
ЗАПИСЬ								
1 (адрес)	1	1	0	0	0	0 (MA1)	0 (MA1)	0
2	0	BG1	BG0	N8	N7	N6	N5	N4
3	N3	N2	N1	A5	A4	A3	A2	A1
4	1	1 (C1)	1 (C0)	PD5	PD4	TM	0 (RTS)	1 (REF)
5	BA2	BA1	BA0	PSC	PD3	PD2 (TS2)	DIV (TS1)	PD0 (TS0)
ЧТЕНИЕ								
1 (адрес)	1	1	1	1	1	0 (MA1)	0 (MA1)	1
2	POR	FL	RD2	RD1	RD0	—	—	—

В ресивере DRE-4500 (см. рис. 3) напряжение питания конвертера (и, следовательно, напряжение поляризации приёма) формирует микросхема DD5 LNBP13A фирмы ST Microelectronics, разработанная ещё в сентябре 1998 г. и предназначавшаяся для работы как в снимаемых в то время с эксплуатации аналоговых ресиверах, так и во внедрявшихся цифровых. Кроме указанной функции, микросхема обеспечивает инжекцию в кабель снижения сигнала 22 кГц для переключения поддиапазонов приёма, а также передачу в него сигналов протокола DiSEqC, формируемых QPSK-демодулятором NIM-модуля.

Микросхемой DD5 управляет процессор в составе DD1 по трём линиям: разрешение подачи напряжения питания на конвертер EN, выбор поляризации VSEL (0 — напряжение питания конвертера 13 В, 1 — 18 В), разрешение прохождения сигнала 22 кГц ENT (при 1). В случае превышения внешним конвертером потребляемого тока или коротком замыкании в кабеле снижения транзистор VT24 закрывается, а процессор определяет состояние аварии в кабеле.

Ресивер построен так, что при его переводе в дежурный режим управление поляризацией конвертера и переключение поддиапазонов приёма может обеспечиваться от второго ведомого ресивера. Однако при полностью выключенном основном ресивере питание с конвертера тоже снимается и функционирование ведомого ресивера нарушено, что, конечно, представляется недостатком такого соединения.

В ресивере DRS-4500 напряжение питания конвертера и, следовательно, поляризации приёма формируется узлом, собранным на транзисторах VT17, VT28—VT30, VT35 и микросхеме регулируемого линейного стабилизатора напряжения DA1 основной платы (см. рис. 4.1).

Управление узлом питания конвертера и контроль над ним обеспечиваются процессором в однокристальном декодере DD1 по двум линиям: разрешение подачи напряжения питания на конвертер LNB_ENABLE (через ключи на транзисторах VT30, VT35) и выбор поляризации LNB_POL (ключ на транзисторе VT17).

Рис. 9

При превышении конвертером потребляемого тока или коротком замыкании в кабеле снижения напряжение на делителе R160R164 уменьшается, процессор считывает состояние аварии в соединении.

При переключении ресивера в дежурный режим управление поляризацией конвертера и переключение поддиапазонов, как и в DRE-4500, может происходить от ведомого ресивера. Транзисторы VT28, VT29 обеспечивают прохождение на конвертер напряжения питания от ведомого ресивера (13 или 18 В). В рабочем режиме основного ресивера прохождение напряжения от ведомого блокировано. При полностью выключенном из сети основном ресивере питание с конвертера снимается, и функционирование ведомого ресивера нарушено.

Через цепочку R168C132 в кабель снижения инжектируется сигнал 22 кГц (для переключения поддиапазонов приёма) и сигналы протокола DiSEqC, формируемые QPSK-демодулятором в NIM-модуле.

Управление РЧ-преобразователем и QPSK-демодулятором модуля DM1 в ресиверах происходит по сепаратной шине I^{2}C от процессора DD1.

Цифровые части ресиверов DRE-4500 и DRS-4500 подобны. Сигнал TS в стандарте MPEG-4 или MPEG-2 с выхода модуля DM1 (см. рис. 3 и 4.1) через ограничивающие резисторные сборки R39, R43 и R46 поступает на коре-модуль, устанавливаемый в коннектор XS4 (SO DIMM 144). Коре-модуль работает по принципу САМ-модулей в режиме клиент-сервер. При этом он использует ресурсы основного процессора DD1. О коре-модулях будет рассказано дальше.

Элементы микросхем DD3, DD4, DD6, DD7 обеспечивают интерфейс доступа коре-модуля к ресурсам декодера DD1. Коммутатором управляет процессор в DD1. Дескремблированный поток TS передаётся с выхода коре-модуля на вход TS-роутера в DD1 при приёме кодированных программ или непосредственно роутером микросхемы NP4 (или NP4+) в коре-модуле с выхода NIM-модуля на TS-роутер DD1 при приёме FTA-каналов или каналов, кодированных в стандарте MPEG-2.

Ресивером управляет 32-разрядный микроконтроллер ST20, служащий ядром процессора DD1. Его EMI-интерфейс использует параллельную FLASH-память DS2 объёмом 16 Мбит, в которую записана управляющая программа. Памятью служит микросхема M29W160ET фирмы ST Microelectronics.

Изменение управляющей программы ресиверов возможно через интерфейс RS-232. При этом модификация загрузчика (BOOT-секторов) не происходит. Сопряжение уровней интерфейса RS-232 и портов ввода и вывода процессора DD1 обеспечивается каскадами на элементах VT28—VT30, VD13, VD15 (см. рис. 3) и VT24, VT34, VD20 (см. рис. 4.1).

Если необходимо полностью перезаписать (модифицировать) содержимое DS2 (в том числе и BOOT-секторы), используют метод программирования FLASH-памяти через JTAG-интерфейс. Он представляет собой 20-выводный штырьковый разъём XP1 (завод-изготовитель на плате его не устанавливал).

К 16-битному SMI-интерфейсу в процессоре DD1 подключено динамическое ОЗУ DS3 с объёмом памяти 64 Мбит (микросхема K4S641632K-UC60 фирмы Samsung). Она используется MPEG-2-декодером, управляющим процессором и цифровым кодером (DENC) в DD1.

Образцовые колебания частотой 27 МГц вырабатываются задающим генератором, управляемым напряжением (ГУН). Он собран на микросхеме DD2. Частоту стабилизирует кварцевый резонатор ZQ1. Из образцовой частоты внутренние узлы процессора DD1 формируют частоты для работы ядра, других внутренних узлов, внешней FLASH- и SDRAM-памяти. При включении установку в исходное состояние (сброс) ресивера обеспечивает узел на транзисторах VT1, VT2. Аппаратный сброс при ремонте можно сделать, кратковременно замкнув выводы конденсатора C57 между собой.

Микросхема ЭСПЗУ DS1 (24C64 фирмы ATMEL) сохраняет текущие настройки пользователя. Её связь с основным контроллером происходит по основной шине I^{2}C.

Цифровые сигналы звукового сопровождения телевизионных программ поступают на звуковой ЦАП DA5, где они преобразуются в аналоговые сигналы. Аналоговые видео- и звуковые сигналы приходят на активные буферные усилители.

Аналоговый полный цветной телевизионный сигнал обрабатывается усилителем на транзисторах VT6, VT8 и проходит на разъём SCART и РЧ-модулятор DM3 (RF-H2170MUP фирмы Wittis в DRE-4000 и TNF-0170U623R фирмы Tenas в DRS-4500). Компонентные сигналы R

через усилитель на транзисторах VT9, VT11, G на VT16, VT20 и B на VT15, VT19 вместе со звуковым стереосигналом, прошедшим ФНЧ второго порядка DA4 и буферные усилители на транзисторах VT13, VT14, также поступают на разъём SCART. Суммированный сигнал стереоканалов через буферный усилитель на транзисторе VT18 подан на РЧ-модулятор, который переносит сигналы изображения и звукового сопровождения на любой канал ДМВ. Управление модулятором происходит по основной шине I^2C. Буферные усилители на транзисторах VT5 и VT7, VT10 и VT12 согласуют выходы компонентных сигналов Y и C микросхемы DD1 и разъём S-VIDEO XS2.

Как было указано выше, для дескремблирования передач, шифрованных в системе DRE-CRYPT, и транскодирования аудио- и видеосигналов, кодированных в стандарте MPEG-4, в сигналы по системе MPEG-2 применяют коре-модуль. Условный доступ обеспечивается при использовании смарт-карты, которую устанавливают в картридер, подключаемый к разъёму XP3 основной платы. Схема узла изображена на **рис. 9**.

Карта принимает от микросхемы NP4 или NP4+ коре-модуля кодированные CW (Cipher Word) CSA ключи и выдаёт дешифрованные DW (Decipher Word) ключи. Согласование уровней интерфейса смарт-карты ISO-7816 и микросхемы NP4 или NP4+ обеспечивается в специализированной микросхеме коре-модуля.

В ресиверах DRE-4500 применены коре-модули с использованием AVC-декодера NP4, а в ресиверах DRS-4500 — микросхемы NP4+. ПО обоих ресиверов может работать с любым коре-модулем на основе этих микросхем.

(Продолжение следует)

Управление электропитанием активной телеантенны

Д. ОНЫШКО, г. Новочеркасск Ростовской обл.

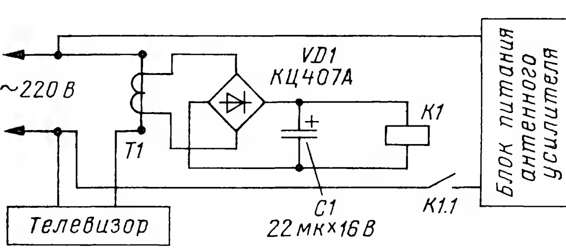
Уменьшение потребления электроэнергии при эксплуатации бытовой техники — актуальная задача в современных условиях. Ниже рассмотрен довольно простой узел, позволяющий автоматически этого добиться при использовании активных телевизионных антенн с современными телевизорами.

Активные телевизионные антенны широко применяют при недостаточном уровне сигнала в разных местностях для обеспечения более качественного приёма. Во время эксплуатации пользователи часто не предусматривают обесточивание блока питания антенного усилителя при выключении телевизора. Однако расчёты показывают, что неоправданные затраты электроэнергии в таком случае вполне заметны. Обычно ток, потребляемый упомянутым блоком питания, находится в пределах 20...30 мА. При непрерывной эксплуатации активной антенны энергопотребление её в месяц может быть в интервале 3,2...4,8 кВт·ч. Следовательно, одновременное отключение питания антенного усилителя при выключении телевизора приводит к экономии большей части указанной электроэнергии.

Принципиальная схема устройства, обеспечивающего автоматическое включение и выключение антенного усилителя, показана на **рисунке**. Возможность такого подключения узла обусловлена тем, что современные телевизоры могут работать без ухудшения качества в широком интервале значений питающего сетевого напряжения. Поэтому незначительное уменьшение напряжения, поступающего на сетевой вход телевизора, будет практически незаметно.

Работает устройство очень просто. При включении телевизора сетевой ток протекает через цепь питания его самого и включённую с ней последовательно первичную обмотку трансформатора тока T1. Возникающее в его вторичной обмотке переменное напряжение выпрямляется диодным мостом VD1 и сглаживается конденсатором C1. Полученное постоянное напряжение поступает на обмотку реле K1, что приводит к его срабатыванию. Контакты K1.1 реле замыкаются и обеспечивают автоматическую подачу напряжения сети на блок питания антенного усилителя. При выключении телевизора ток через трансформатор T1 и, следовательно, через обмотку реле K1 перестаёт протекать. Контакты реле K1.1 размыкаются, и блок питания антенного усилителя автоматически обесточивается.

Расчёт элементов устройства можно провести по предлагаемой методике. Конечно, в нём нужно применить низковольтное маломощное реле, позволяющее коммутировать переменное напряжение 220 В и ток не менее 30 мА.



Коэффициент трансформации трансформатора T1 вычисляют по формуле $N=P_T/(220I_K)$, где P_T — мощность, потребляемая телевизором; I_K — рабочий ток обмотки реле. Рабочее напряжение первичной обмотки трансформатора определяют так: $U=I_KR_K/(1{,}414N)$, где R_K — сопротивление обмотки реле.

Число витков W_1 первичной обмотки трансформатора T1 для рассчитанного значения U находят по любой известной методике, например, так, как рассмотрено в книге Дьяконова В. П. "Справочник по расчётам на микрокалькуляторах" (2-е изд. — М.: Наука, 1986). Число витков вторичной обмотки вычисляют по формуле $W_2=W_1N$.

В реализованном образце описанного устройства, рассчитанном для эксплуатации с телевизором Sony Trinitron, автором были использованы герконовое реле РЭС55А и трансформатор ТАГ-II-2 от абонентского громкоговорителя, технические характеристики которого примерно соответствуют результатам расчёта по предложенной методике.

Трансформатор применён без перемотки. Однако его вторичная низкоомная обмотка включена в цепь сетевого провода телевизора, а первичная высокоомная обмотка служит для питания реле.

Следует также обратить внимание на то, что контакты герконового реле РЭС55А необходимого исполнения, как указано в технических характеристиках, рассчитаны на коммутацию переменного напряжения 127 В. Однако электрическая прочность изоляции выводов контактов в герконе КЭМ-3, входящем в состав реле, превышает 200 В. Поэтому, а также в связи с тем, что потребляемые антенным усилителем мощность и ток совсем не большие, автор рискнул применить это реле. И оно работает надёжно. Но даже если по какой-нибудь причине наступит ситуация, когда контакты геркона будут замкнуты постоянно ("слипнутся"), это приведёт лишь к реализации непрерывного режима питания антенного усилителя (без снижения энергопотребления). Такой режим не представляет опасности ни для телевизора, ни для антенного усилителя. Учитывая незначительную коммутируемую герконом мощность, вероятность появления такой ситуации мала.

При желании радиолюбителей использовать именно реле РЭС55А можно рекомендовать исполнения паспортов РС4.569.600-ХХ, где ХХ — 02—04, 07—11.

Если требования к надёжности повышенные, можно использовать более высоковольтные изделия, например, герконовые реле фирмы Cosmo с любыми паспортными данными. Необходимо только рассчитать число витков высокоомной обмотки трансформатора по указанной методике и применить конденсатор C1 на номинальное напряжение, соответствующее рабочему напряжению реле. Трансформатор следует подобрать по параметрам, близким расчётным данным, или перемотать при существенном различии чисел витков в обмотках.

В случае использования реле РЭС55А рабочее напряжение на его обмотке будет находиться в пределах 3...10 В в зависимости от исполнения. При этом напряжение на первичной обмотке трансформатора тока не будет превышать 4 В, что не приводит к ощутимому снижению напряжения питания телевизора.

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА
тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 5, 2015

Доработка 6АС-2 для работы с нештатным усилителем

А. МАРЧЕНКО, г. Умань Черкасской обл., Украина

Нередко бывает, что срок службы акустических систем (АС) существенно превышает жизнь радиоприёмной или усилительной аппаратуры, укомплектованной внешней АС. Автор предлагает доработать двухполосную АС средней мощности для работы с другим промышленным или любительским УМЗЧ.

Рис. 1

Каждый громкоговоритель акустической системы 6АС-2 (фото на **рис. 1**) для радиол "Мелодия-101 стерео" и их модификации (104, 105), электрофонов "Мелодия-103", выпущенных Рижским радиозаводом им. Попова, состоит из двух динамических головок прямого излучения, установленных в корпусе, изготовленном из клеевой фанеры толщиной 10 мм [1]. Головки громкоговорителя смонтированы в корпусе коаксиально относительно друг друга на пластмассовом основании (без передней отражательной доски). Преимущества такого расположения головок — ровная, без провалов, диаграмма направленности, чего невозможно добиться с разнесёнными, даже близко расположенными головками. Но с другой стороны, все конструкции таких громкоговорителей имеют один общий недостаток — за счёт интерференции звуковых волн, излучаемых одновременно несколькими головками, суммарная АЧХ звукового давления в зоне их совместного действия приобретает ряд локальных пиков и провалов на средних и высоких частотах. Для устранения этого явления необходимо повысить крутизну скатов АЧХ разделительных фильтров (что значительно усложняет их конструкцию) или сблизить центры излучения головок. Отсутствие передней отражательной доски влечёт определённые потери из-за дифракции звуковых волн — одного из видов искажений, влияющих на качество звучания любой акустической системы. Этот тип искажений проявляется в полосе частот 100...800 Гц и представляет собой плавное уменьшение акустического давления, создаваемого акустической системой, ниже определённой частоты (для 6АС-2 эта расчётная частота равна 732 Гц). Реально измеренное значение потерь составляет 3...4 дБ [2].

Для демпфирования подвижной системы НЧ-головки на частотах, близких к частоте её механического резонанса, весь свободный объём ящика акустической системы 6АС-2 заполнен хлопчатобумажной ватой. Кроме того, используемая в АС головка 10ГД-34 имеет небольшие размеры. Всё это определило низкую чувствительность 6АС-2 и вызвало в её частотной характеристике спад в области нижних частот (**рис. 2**).

Указанные особенности АС скомпенсированы в АЧХ УЗЧ низкочастотного тракта "Мелодии". Для выравнивания характеристики звукового давления АС усилитель радиолы имеет значительный подъём в области НЧ (на частоте 60 Гц — около 14 дБ). Необходимое же повышение звукового давления обеспечивается ростом выходной мощности УМЗЧ (максимальная выходная мощность радиолы "Мелодия-101 стерео" — около 15...20 Вт).

Из выше изложенного следует, что 6АС-2 и усилитель "Мелодии" спроектированы для совместной работы. Чтобы подключить АС к нештатному источнику сигнала, необходимо её доработать.

Среди недостатков следует отметить также вибрацию стенок корпуса и значительную неравномерность амплитудно-частотной характеристики в области средних частот. Последнее обусловлено тем, что низкочастотная головка 10ГД-34, выполняющая также функцию и среднечастотного излучателя, имеет резкий спад АЧХ звукового давления с 4,5 кГц (**рис. 3**). Высокочастотная же головка 3ГД-2 (её АЧХ показана на **рис. 4**) включена через фильтр первого поряд-

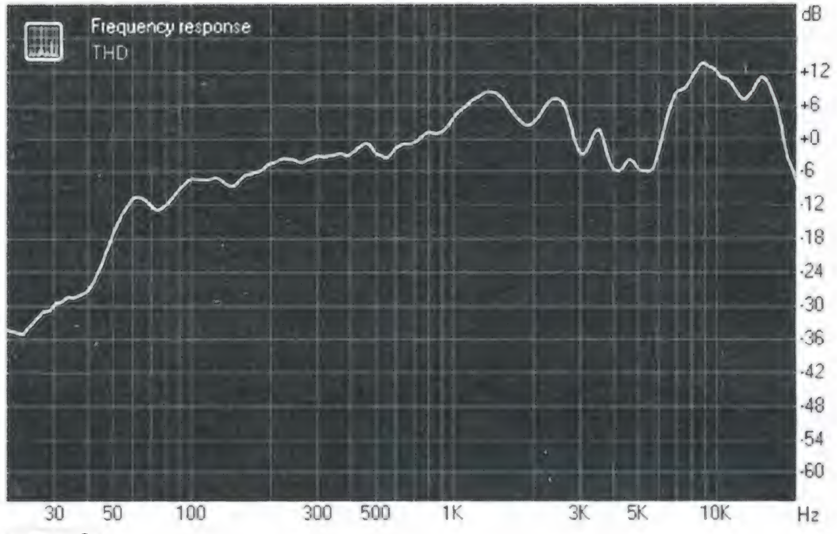


Рис. 2

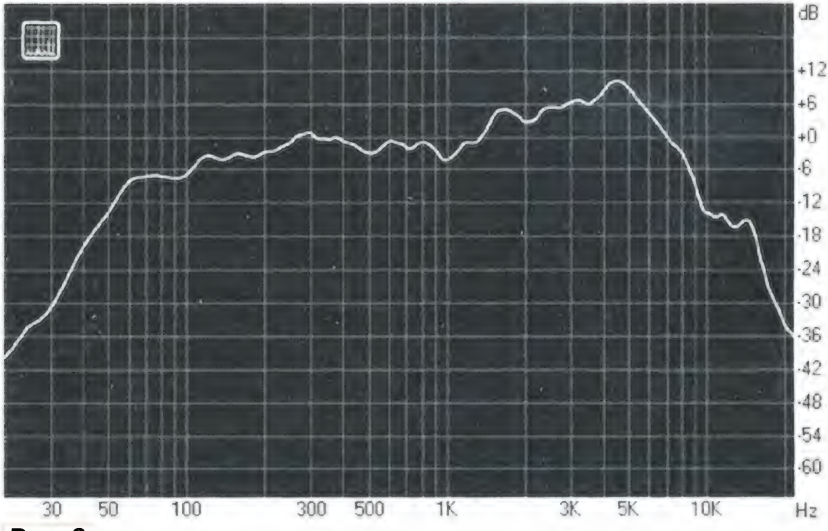


Рис. 3

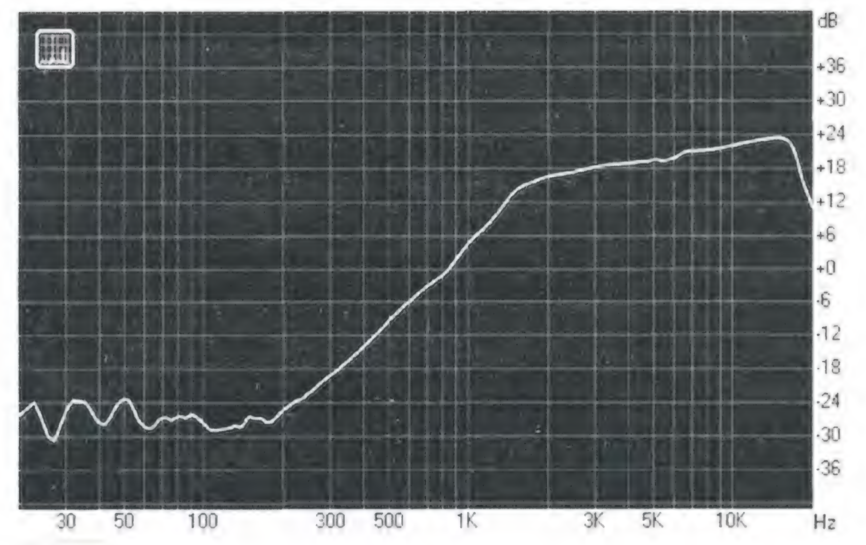


Рис. 4

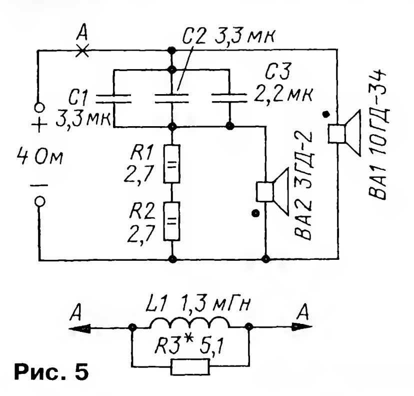


Рис. 5

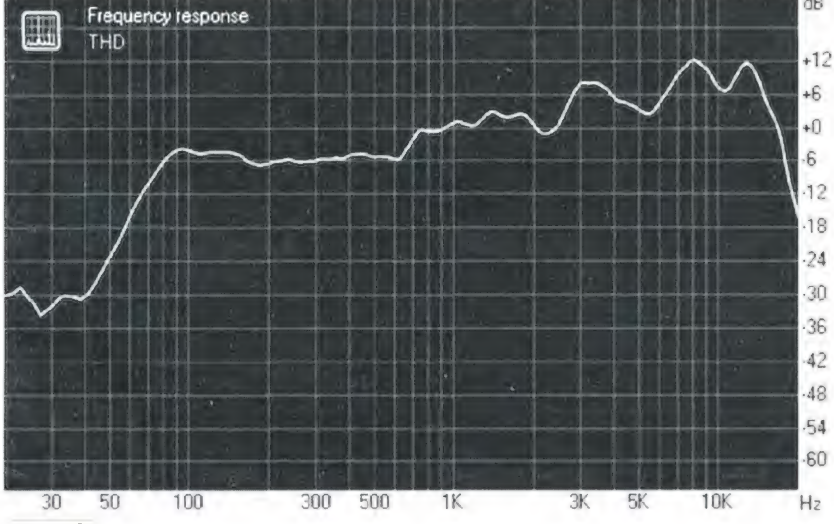


Рис. 6

ка с частотой среза 10 кГц. Выровнять АЧХ звукового давления на средних частотах довольно просто — снизить частоту среза фильтра. В подобной АС [3] М. Корзинин установил фильтр с частотой среза 4 кГц. Однако в таком случае частота основного резонанса ВЧ-головки (4,5 кГц) выше частоты среза, что нежелательно. Работающая на частоте основного резонанса головка 3ГД-2 не может обеспечить полноценного качественного звучания. К тому же предложенный фильтр трудоёмок в изготовлении (намотка двух катушек индуктивности).

Существует более простой вариант. Для этого разделительный конденсатор для ВЧ-головки устанавливают ёмкостью 8,8 мкФ (параллельно включённые плёночные конденсаторы: два — по 3,3 мкФ и один — 2,2 мкФ с номинальным напряжением 400 В). Поскольку такая доработка вплотную приблизит частоту среза к частоте основного резонанса ВЧ-головки, последнюю шунтируют резистором сопротивлением 5,4 Ом. Такой шунт выравнивает частотные характеристики чувствительности головок, электрическое сопротивление и, самое важное, демпфирует резонансы ВЧ-головки, включая основной [4]. При этом ВЧ-головку подключают в противофазе относительно НЧ-головки (**рис. 5**). В описываемой конструкции применены два последовательно соединённых резистора по 2,7 Ом. Общую ёмкость конденсаторов фильтра рассчитывают с помощью онлайн-калькулятора [5]. При этом учитывается общее сопротивление постоянному току головки 16 Ом и шунтирующего резистора — 5,4 Ом. Таким образом, головка 3ГД-2 будет работать уже с 4,5 кГц, обеспечивая полноценное звучание АС во всей полосе ЗЧ. Следует заметить, что одной из конструктивных особенностей 3ГД-2 является наличие шёлкового купольного диффузора, который обеспечивает относительно ровную АЧХ звукового давления в полосе 1,5...18 кГц.

Для выравнивания звукового давления акустической системы в области НЧ добавляют в АС фазоинвертор (ФИ), следуя примеру И. Смирнова [6]. Автор использовал пластиковую трубу внутренним диаметром 50 и длиной 100 мм. Такое решение верно, так как для изготовления АС с ФИ подходят головки с полной добротностью не более 0,6 (у 10ГД-34 она равна 0,45). Частота настройки такого ФИ равна 90 Гц. Такое значение не приемлемо, потому что резонансная частота головки 10ГД-34 в открытом пространстве равна 80 Гц, на которую проще всего настраивать ФИ [7], а оптимальная частота его настройки для указанной головки составляет 35 Гц.

Опытным путём мной установлена наилучшая частота настройки ФИ — 55 Гц. Вычисляют размеры порта ФИ с помощью компьютерной программы *BassPort*. Исходя из полученных расчётов, в задней стенке корпуса АС вырезают отверстие диаметром 35 мм (с центром, отстоящим от боковых поверхностей корпуса на 50...60 мм) и вклеивают в него отрезок картонной трубки с внутренним диаметром 32 и длиной 130 мм. На задней стенке также устанавливают плату размерами 50×50 мм с элементами фильтра, смонтированными на фольгированной поверхности печатных проводников. На оставшиеся свободные места наклеивают войлок толщиной 10...15 мм или поролон. Наполнитель (хлопчатобумажную вату) удаляют.

Стыки стенок герметизируют, а сами стенки изнутри покрывают самоклеющимся вибропластом толщиной 1,5 мм или линолеумом, а НЧ-головке обеспечивают мягкое крепление (для снижения вибраций стенок корпуса). На задней стенке монтируют четыре резиновых опоры в форме усечённого конуса с основанием 30 и высотой 15 мм.

После такой нехитрой и простой доработки 6АС-2 объективные показатели измерений АЧХ звукового давления (**рис. 6**) и субъективная экспертиза прослушивания музыкальных программ отмечают значительное улучшение её качества звучания. Для тестирования головок и акустической системы использованы измерительный микрофон, ПК и программа *RightMark Audio Analyzer 6.2.4*.

Два громкоговорителя АС располагают, по примеру Р. Кунафина [4], динамическими головками вверх. Эксплуатация АС допускается с УМЗЧ при выходной мощности до 25 Вт на канал, чего вполне достаточно для озвучивания помещения объёмом до 60 м^3.

В качестве послесловия можно добавить совет для тех, кто считает переворот корпусов полочной АС неуместным.

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

В этом случае резиновые опоры должны быть, естественно, на нижней поверхности корпуса. Для преодоления акустического эффекта различной дифракции излучения в полосе частот (baffle-step) в схему кроссовера можно добавить LR-цепь, включаемую в разрыв провода кроссовера в точке А (см. рис. 5). Эта цепь корректирует подъём прямого излучения частот выше 600 Гц на 6 дБ. Сопротивление корректирующего резистора и индуктивность катушки можно подобрать исходя из субъективных впечатлений или результатов акустических измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дерябин В.** Транзисторные стереорадиолы первого и высшего классов. — М.: Связь, 1979.

2. **Алексеев И.** Об искажениях частотных характеристик малогабаритных акустических систем и "глубоких" басах. — Радиохобби, 2000, № 5, с. 59—65.

3. **Корзинин М.** Пассивный излучатель в громкоговорителях 6АС-2. — Радио, 1984, № 2, с. 41, 42.

4. **Кунафин Р.** Новое звучание 6АС-2. — Радио, 2000, № 3, с. 14.

5. Расчёт фильтра. — URL: **http://www.aie.sp.ru/Calculator_filter.html** (19.02.15).

6. **Смирнов И.** "Мелодия" звучит лучше. — Моделист-конструктор, 1985, № 10, с. 22.

7. **Эфрусси М.** Громкоговорители и их применение. — М.: Энергия, 1976.

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

ВЕЛИКИЙ НОВГОРОД. 25 февраля Новгородский филиал РТРС начал трансляцию программ радиостанции "Серебряный дождь". Частота вещания — 105,3 МГц (источник — URL: **http://novgorod.rtrs.ru/news/read/221/** (22.03.15)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. Программы "Радио Дача" появились в эфире г. Кирова Калужской обл., частота вещания — 105,6 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2282.htm** (22.03.15)).

КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКАЯ РЕСПУБЛИКА. На территории Карачаево-Черкесии в конце марта планируется выход в эфир радиостанции "Вера". Проект реализуется совместно с Пятигорской епархией за счёт её средств, а также за счёт гранта международного конкурса "Православная инициатива". Обеспечивать техническую возможность вещания, а также предоставлять региональный компонент контента будут также представители епархии. Частота трансляции — 102,3 МГц, местонахождение передатчика — г. Черкесск (источник — URL: **http://www.regnum.ru/news/society/1904528.html** и **http://www.blago-kavkaz.ru/novosti/item/9152-v-cherkessk-pribylo-oborudovanie-dlya-retranslyatsii-pravoslavnogo-radio** (22.03.15)).

В Урупском районе свою работу возобновила радиостанция "Уруп FM". Её первый эфир состоялся 1 апреля 2012 г., но вскоре радиостанция была закрыта из-за проблем с разрешительными документами. И вот спустя три года "Уруп FM" вновь в эфире в круглосуточном формате на частоте 103,3 МГц. В эфире радиостанции звучат популярные песни российских и зарубежных радиостанций. Также каждые три часа в эфире транслируется блок новостей Урупского района, часть из которых содержит контент сайта республиканского информационного агентства (РИА) "Карачаево-Черкесия".

КЕМЕРОВО. Кемеровский филиал РТРС возобновил с 4 марта трансляцию радиоканала "Радио Сибирь" в г. Кемерове в ежедневном круглосуточном режиме на частоте 105,8 МГц (источник — URL: **http://kemerovo.rtrs.ru/news/read/318/** (22.03.15)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. Санкт-Петербургский филиал РТРС с 5 марта возобновил в г. Луге эфирную трансляцию радиостанции "Град Петров". Расписание работы станции остаётся прежним: с 04.00 до 23.00 — ежедневно, частота вещания — 102,5 МГц. Напомним, что вещание было приостановлено 20 января из-за проблем с каналом доставки программы (источник — URL: **http://spb.rtrs.ru/news/read/466/** (22.03.15)).

МАГАДАН. Губернатор Магаданской области Владимир Печеный направит обращения в Министерство связи и массовых коммуникаций РФ и ФГУП РТРС об установлении мощного радиовещания на территории Магаданской области. Он поддержал обращение регионального профсоюза работников связи. В нём речь шла о том, что РТРС в 2014 г. практически полностью свернуло мощное дальнее радиовещание на длинных, средних и коротких волнах. Сегодня передачи российских государственных радиостанций, таких как "Маяк" и "Радио России", с врезками областного радио слышны только в пределах населённых пунктов, где есть передатчики УКВ-диапазона.

В то же время оленеводы, рыбаки, водители, экспедиции, геологи, недропользователи — все, кто трудится вне поселений, остались без доступного источника информации. В обращении также подчёркнуто, что мощное радио, помимо гражданских задач по распространению информации, незаменимое средство оповещения и единственное средство связи в случае чрезвычайных ситуаций, когда нарушается существующая инфраструктура электроснабжения, связи и массовых коммуникаций. При этом в регионе с малой плотностью населения другие виды радиовещания, в частности УКВ-вещание, развивать экономически нецелесообразно.

В настоящее время мощная радиостанция, способная покрыть радиовещанием практически всю территорию области, законсервирована. Её сотрудники уволены, а пос. Радужный, для которого станция была градообразующим предприятием, считается неперспективным и включён в областную программу расселения.

"Считаю, что мощное радиовещание на территории Магаданской области должно быть сохранено, — сказал губернатор. Это, в первую очередь, вопрос безопасности территории, имеющей и социальную значимость. Пока не решён вопрос о начале работы нового государственного учреждения, которое будет обеспечивать дальнее вещание на всю территорию страны, нам важно не потерять оборудование и специалистов. Понятно, что за несколько зим радиостанция может прийти в негодность. А восстанавливать потом всё будет намного сложнее. Поэтому я полностью поддерживаю обращение связистов", — отметил глава территории (источник — URL: **http://www.kolyma.ru/Index.php?newsid=49872** (22.03.15)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Радио Дача" присоединились города Ступино и Кашира. Частота вещания — 102,8 МГц, общий охват населения — 134,4 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2292.htm** (22.03.15)).

НИЖНИЙ НОВГОРОД. Нижегородский филиал РТРС начал передачи программ радиостанции "НН-Радио" ("NN-Radio") в районном центре Ковернино

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-88-18
РАДИОПРИЁМ
РАДИО®

на частоте 105,2 МГц, режим вещания — круглосуточно. "НН-Радио" — станция местная, вещает в формате "инфохит" (источник — URL: **http://nnovgorod.rtrs.ru/news/read/294/** (22.03.15)).

ОРЕНБУРГСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Радио Дача" присоединились три города Оренбургской обл.: г. Орск, частота вещания — 103,3 МГц; г. Кувандык, частота вещания — 106,5 МГц; г. Ясный, частота вещания — 105,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2264.htm** (22.03.15)).

ПЕНЗА. Филиал РТРС "Пензенский ОРТПЦ" начал монтаж оборудования для трансляции программ новой радиостанции "Дети FM". Частота вещания — 99,1 МГц (источник — URL: **http://penza.rtrs.ru/news/read/82/** (22.03.15)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. Филиал РТРС "Самарский ОРТПЦ" начал трансляцию программ радиостанции "Радио России" в УКВ-диапазоне в девяти населённых пунктах области:

— ст. Клявлино, частота вещания — 104,4 МГц, мощность передатчика — 0,5 кВт;

— с. Борское, частота вещания — 96,1 МГц, мощность передатчика — 100 Вт;

— с. Исаклы, частота вещания — 105,3 МГц, мощность передатчика — 100 Вт;

— ст. Шентала, частота вещания — 104 МГц, мощность передатчика — 50 Вт;

— с. Красноармейское, частота вещания — 105,8 МГц, мощность передатчика — 10 Вт;

— с. Новокуровка Хворостянского района, частота вещания — 105,5 МГц, мощность передатчика — 50 Вт;

— с. Андросовка Красноармейского района, частота вещания — 103,9 МГц, мощность передатчика — 25 Вт;

— п. Новый Кутулук Борского района, частота вещания — 98,5 МГц, мощность передатчика — 10 Вт;

— с. Мордово-Аделяково Исаклинского района, частота вещания — 103 МГц, мощность передатчика — 10 Вт.

В третьем квартале этого года планируется охватить вещанием ещё 27 населённых пунктов (источник — URL: **http://www.samara.rtrn.ru/news/read/331/** (22.03.15)).

Также в Самаре местный филиал РТРС начал трансляции программ радиостанции "Вера, Надежда, Любовь", частота вещания — 96,8 МГц (источник — URL: **http://samara.rtrn.ru/news/read/333/** (22.03.15)).

ТВЕРЬ. 20 марта начала своё вещание радиостанция "Галактика". Её формат — танцевальная музыка в режиме нон-стоп. Пока трансляции идут на сайте станции — **http://galaxyradio.ru**. Эфирное вещание "Галактики" начнётся 7 мая, в День радио, на частоте 99,8 МГц с использованием передатчика мощностью 1 кВт (источник — URL: **http://tverigrad.ru/publication/v-tveri-nachala-rabotat-radiostanciya-galaktika** (22.03.15)).

ЗАРУБЕЖНОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

КОРЕЯ. Радиостанция "KBS World Radio" на русском языке в летнем сезоне транслирует ежедневные программы с 13.00 на частоте 9645 кГц и с 18.00 на частоте 15360 кГц, их продолжительность — один час. В 02.00, 06.30, 10.30, 14.00, 17.30 и 20.00 — ежедневно, в 22.30 (кроме пятницы) транслируются специальные укороченные выпуски (30 мин) для Москвы и Подмосковья на частоте 738 кГц (сеть "World Radio Network").

ПРИДНЕСТРОВСКАЯ МОЛДАВСКАЯ РЕСПУБЛИКА. С 1 марта у радиостанции "Радио 1" единая частота вещания 105 МГц на всей территории республики. По словам начальника Госслужбы связи, информации и СМИ, проект удалось реализовать после проведения пробного вещания и проверки мощностей. В программах "Радио 1" — оперативные новости на русском, украинском и молдавском языках, аналитика и прогнозы, лучшая музыка, тематические программы.

Кроме центральной части Приднестровской столицы, где уже слушали эту станцию ранее, её будут слушать весь Тирасполь, Слободзея, Бендеры, Дубоссары и Каменка. В Рыбницком районе переход на эту частоту планируется с 15 апреля (источники — URL: **https://tv.pgtrk.ru/news/20150226/28966** и **http://novostipmr.com/ru/news/15-02-26/s-1-marta-radio-1-nachnyot-veshchanie-na-edinoy-chastote-1050** (22.03.15)).

РУМЫНИЯ. "ИнтерРадио Румыния" в летнем сезоне транслирует программы на русском языке ежедневно по следующему расписанию:

— с 04.30 до 05.00 — на частотах 6180 и 7390(DRM) кГц— для европейской части России;

— с 13.00 до 14.00 — на частотах 13740 и 15160 кГц — для Дальнего Востока;

— с 5.00 до 15.30 — на частотах 9500 и 11870(DRM) кГц— для европейской части России.

Вещание на украинском языке ведётся в 15.00—15.30, 17.00—17.30, 19.00—19.30 на частоте 5910 кГц в направлении Украины (источники — URL: **http://www.rri.ro/ru_ru/frecvente-264** и **http://rri.ro/uk_uk/frecvente-263** (22.03.15)).

ТАЙВАНЬ. Передачи "Международного радио Тайваня" на русском языке выходят в эфир летом в соответствии со следующим частотным расписанием:

— с 11.00 до 12.00 — на частоте 11985 кГц для Дальнего Востока;

— с 14.00 до 15.00 — на частоте 9590 кГц в направлении Сибири и Средней Азии;

— с 17.00 до 18.00 — на частоте 11955 кГц в направлении европейской части России (источник — URL: **http://russian.rti.org.tw/whatsNew/?recordId=8976** (22.03.15)).

ТУРЦИЯ. В связи с переходом на летнее время с 29 марта изменятся параметры передач радиостанции "Голос Турции". Теперь принимать её программу можно с 15.00 в диапазоне КВ на частоте 11965 кГц (источник — URL: **http://www.trt.net.tr/russian/культура-искусство/2015/03/23/частоты-вещания-голоса-турции-меняются-190656** (22.03.15)).

Хорошего приёма и 73!

Доработка радиоприёмника TECSUN S-2000. Часть 9

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

В этом разделе стыкуем "кривую" вторую ПЧ с ровной частотной сеткой с шагом 1 кГц. В документации на S-2000 указаны значения первой ПЧ — $F_{пч1}$ = 55845 кГц и второй ПЧ — $F_{пч2}$ = = 455 кГц. Чтобы перекрыть диапазон входных частот $F_{вх}$ = 0,1...29,999 МГц, частота второго гетеродина (фиксированного) должна быть $F_{г2}$ = 55390 кГц, а первого — должна изменяться в диапазоне $F_{г1}$ = 55945...85844 кГц (**рис. 9.1**). На самом деле это не совсем так, и вот что я обнаружил в разных приёмниках (S-2000, PL-600 и PL-660). Для приёма на $F_{вх}$ = 15 МГц частота первого гетеродина установлена точно — $F_{г1}$ = 70845 кГц. Частота второго гетеродина ($F_{г2}$ = = 55390 кГц) устанавливается с погрешностью до 200 Гц в разных приёмниках по-разному. В результате $F_{пч1}$ = 55845 кГц и $F_{пч2}$ = 455 кГц. Всё более-менее нормально. Поскольку шаг перестройки первого гетеродина 2 кГц, при настройке на входную частоту $F_{вх}$ = 15001 кГц получается $F_{г1}$ = 70847 кГц, а частота второго гетеродина изменяется на 1 кГц — $F_{г2}$ = 55391 кГц. В результате получаем $F_{пч1}$ = 55846 и $F_{пч2}$ = 455 кГц. Для второй ПЧ всё хорошо, но первая немного отличается. В паспорте об этом — ни слова. Для приёма на $F_{вх}$ = 15002 кГц, $F_{г1}$ = 70847 кГц, а второй переключается на $F_{г2}$ = 55390 кГц, и в результате получим $F_{пч1}$ = 55845 кГц и $F_{пч2}$ = = 455 кГц, опять всё в норме (**рис. 9.2**).

Чтобы разобраться в этой ситуации, обратимся к документации на микросхему синтезатора частоты с ФАПЧ — LC72137. В наших приёмниках сигналы от гетеродинов приёмника поступают на её вход "FMin" (вывод 12), и поэтому они обрабатываются сначала в делителе частоты на два, а уже затем подаются на делитель с программируемым коэффициентом деления (ДПКД). Частота образцового генератора (75 кГц) делится на 75, поэтому частота сравнения ФАПЧ — 1 кГц. Это означает, что синтезатор частоты (точнее, первый гетеродин) должен вырабатывать сигналы с шагом 2 кГц, а вышеуказанных нечётных частот никак не должно быть. Но наш поверенный частотомер информирует нас об обратном.

Настроив приёмник на 100 кГц и потом на 29999 кГц, мы увидим, что частота гетеродина 55844,8 кГц имеет отклонение от "ровной" сетки примерно на −200 Гц при 100 кГц и +200 Гц при 29999 кГц (85845,2 кГц). Кто проведёт более подробные измерения, заметит нулевое отклонение при приёме на частоте 15 МГц и нарастающее отклонение к краям всего диапазона ДВ-СВ-КВ. Для приёма АМ-станций это не имеет существенного значения, а для радиолюбительских прогулок на SSB или для экспериментов на новом радиолюбительском диапазоне ДВ это напрягает. Почему изготовитель сделал это?

Исследование начнём с определения, какой коэффициент деления микроконтроллер выдаст для ДПКД системы ФАПЧ, например, при настройке на $F_{вх}$ = 100 кГц. Для этого с помощью осциллографа проконтролируем сигнал, передающий информацию от микроконтроллера (**рис. 9.3**). Передаётся код 6D44(hex) = 27972(dec) для настройки первого гетеродина на частоту $F_{г1}$ = 2·27972 = 55944 кГц! Кодовый сигнал нелегко "выловить" с помощью осциллографа или даже логического анализатора — программисты здесь намудрили. Посылка данных при каждом шаге перестройки состоит из двух пакетов, в первом передаются общие параметры управления ФАПЧ и приёмником, во втором — код частоты. Развёртку осциллографа надо синхронизировать по спаду (маркер 368.0us) сигнала CE (жёлтого цвета — первый канал) — это конец первого пакета. Сигналы CL и DO подают на щуп с входным сопротивлением 10 МОм и коэффициентом деления 1:10, подключённый к второму каналу осциллорафа, через резисторы сопротивлением 33 кОм. Указанные сигналы найдём на разъёмах шлейфа, соединяющего плату № 1 с блоком управления (плата № 9). Код частоты передаётся в обратном порядке 0010 0010 1011 0110 = 44D6. Тактовая частота (CL) внутри пакета не постоянна и меняется с содержанием посылки. Поэтому с помощью тактовой частоты синхронизировать изображение, чтобы понять изменяющее при перестройке содержание второго пакета, не получится. Более наглядно этот эксперимент проводится на частотах настройки 1498...1500 кГц, там коды изменяются существенно — от 6FFF до 7000, что явно видно и легче разобраться. В результате эксперимента следует простой вывод: чтобы "вписаться" в сетку частот с шагом 1 кГц и высокой точностью, надо исполнять эти коды. Согласно этому получаем частотный план для приёма, например, в области 100 кГц (**рис. 9.4**).

Согласно надписям на основной плате № 1, частота второго гетеродина имеет два значения — 55390 и 55391 кГц. При строгом исполнении кодов мы получим расчётные значения: $F_{пч1}$ = 55844/55845 кГц и $F_{пч2}$ = 454 кГц! Если в нашем приёмнике центральная

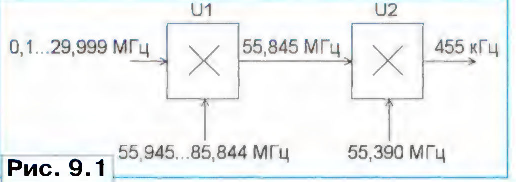


Рис. 9.1

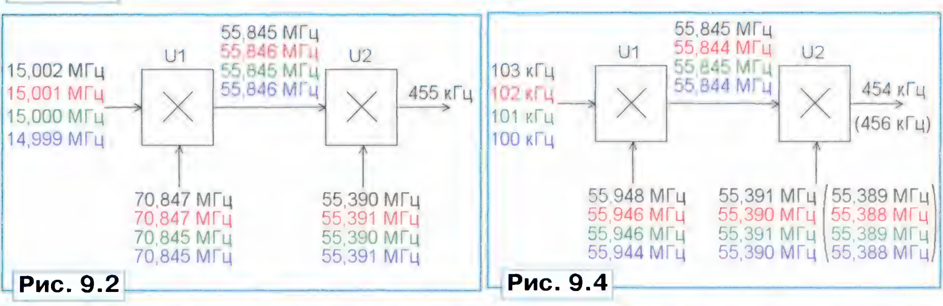


Рис. 9.2

Рис. 9.4

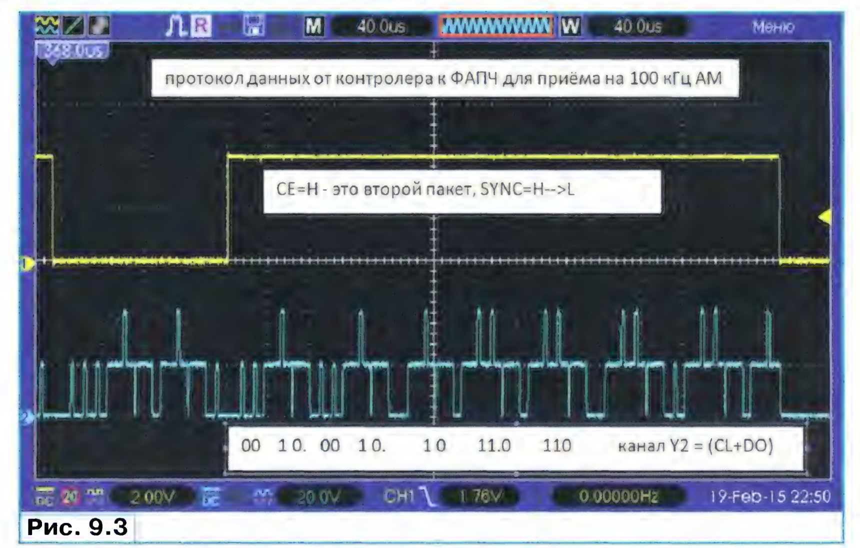


Рис. 9.3

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2014, № 9—12; 2015, № 1—4

частота пьезофильтров 456 кГц, частота второго гетеродина должна принимать значения 55388 и 55389 кГц, так как частота первой ПЧ безоговорочно привязана к расчётным значениям.

Диапазон перестройки первого гетеродина

В системе ФАПЧ приёмника S-2000 найдём много недоработок, но это будет отдельная тема. Пока мы только приведём в порядок сетку частот. Первый гетеродин в этих приёмниках в диапазонах ДВ-СВ-КВ должен работать с управляющим напряжением на варикапах $U_{вар}$ = 1,2...7,5 В, если выходное напряжение повышающего преобразователя $U_{пр}$ = 9 В и $U_{вар}$ = 1,5...11 В для $U_{пр}$ = 16 В (в S-2000 и PL-660). При управляющем напряжении более 12 В крутизна управления ёмкостью варикапов заметно уменьшается, и работа системы ФАПЧ становится менее устойчивой. Поэтому сначала измерим интервал изменения $U_{вар}$. Для этого настроим приёмник сначала на частоту 100 кГц, затем на частоту 29,999 МГц. Если $U_{вар}$ изменяется от 1,5 до 11 В, можно ничего не подстраивать. В противном случае подстроечником катушки первого гетеродина (VCO AM, плата № 10) можно изменить этот интервал. Для этого надо аккуратно разогреть заливку подстроечника до температуры 70 °С (разогретый паяльником алюминиевый провод). Категорически откажемся от отвёртки с железным жалом. Для изготов-

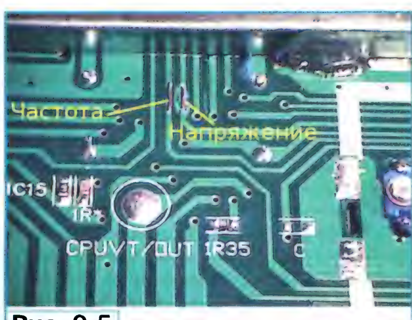


Рис. 9.5

ления самодельного жала я применил жёсткий алюминиевый провод диаметром 3 мм — его легко расплющить или обточить под требуемую форму. Примерить форму жала отвёртки можно на катушке 1Т3 второго гетеродина. Для данных работ ничего не надо отпаивать, всё доступно на открытой части платы № 1 (**рис. 9.5**).

Температурные дрейфы частоты кварцевого резонатора образцового генератора (75 кГц) и второго гетеродина (55390/55391 кГц) довольно хорошо взаимно компенсируются. Поэтому не стоит рассматривать замену кварцевого резонатора 75 кГц чем-то другим (например, более точным и стабильным генератором VCTCXO 19,2 МГц с делителем частоты на 256), это ухудшило бы температурную стабильность приёмника в целом.

Доработка синтезатора частоты

Установку ровной сетки частот осуществляют с помощью подстройки частоты кварцевого резонатора образцового генератора (75 кГц) в синтезаторе частоты. Попытаться сделать это можно подстроечным конденсатором 1VC1 (**рис. 9.6**). Но, к сожалению, ни в одном из моих приёмников это не полу-

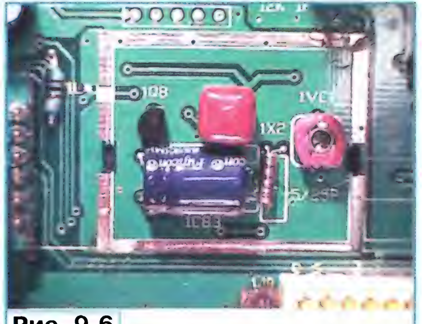


Рис. 9.6

Рис. 9.7

Рис. 9.8

чилось, частота осталась всегда выше требуемого значения. Пришлось с другой стороны платы к существующему подстроечному конденсатору добавить второй, ёмкостью 2...5 пФ (**рис. 9.7**), или параллельно конденсатору 1С16 установить постоянный конденсатор ёмкостью 1,5...3,3 пФ (**рис. 9.8**). Ждём после пайки полчаса до полного остывания узла и возможной более точной подстройки.

Проверяем частоту гетеродина для частоты настройки 100 и 29999 кГц. Она должна быть 55944 и 85844 кГц соответственно. Отклонения до ±50 Гц вполне допустимы на верхней границе КВ-диапазона.

Второй гетеродин

Этот гетеродин при доработке приёмников станет "козлом отпущения". Капризный пьезофильтр "навяжет" нам свою центральную частоту, а первая ПЧ "по расчёту" изменению не подлежит. Наша доработка тракта второй ПЧ, проведённая ранее, потребует во втором гетеродине смещения частоты до 2 кГц, если вторая ПЧ 456 кГц! В приёмнике S-2000 частота второго гетеродина не только должна изменяться для промежуточного шага на 1 кГц, но и плавно перестраиваться в диапазоне около ±0,5 кГц для реализации функции плавной подстройки (BFO), при этом перестройка должна быть по возможности линейной. Как известно, у кварцевых резонаторов, работающих на гармонике, интервал перестройки меньше, чем на частоте основного резонанса. Перед этими требованиями заводской конвейер капитулировал, а нам досталась головоломка.

На **рис. 9.9** показаны варианты схем кварцевых генераторов, схожих по принципу действия, которые часто

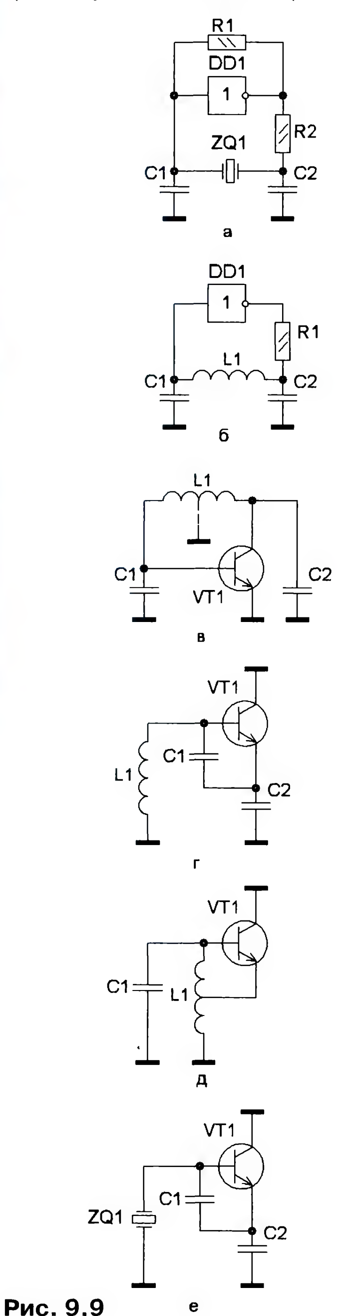


Рис. 9.9

применяются на практике. Схема на рис. 9.9,а широко известна. На выводах кварцевого резонатора присутствует противофазное переменное напряжение, и логический элемент инвертирует входной сигнал, обеспечивая положительную обратную связь. В старых сериях КМОП-микросхем (К176, 4000) острой необходимости в резисторе R1 не было, поскольку выходное сопротивление логического элемента было не менее 0,5...1 кОм. В современных сериях КМОП-микросхем этот резистор принципиально необходим. Если заменить кварцевый резонатор катушкой индуктивности, получим схему рис. 9.9,б. Она отличается тем, что стабильность частоты хуже и зависит в основном от свойств катушки индуктивности. Мы убеждаемся, что в таком генераторе кварцевый резонатор работает в области индуктивного характера своего импеданса (между частотами последовательного F_s и параллельного резонанса F_p). В данной схеме условие самовозбуждения выполняется при более высоком резонансном сопротивлении контура, поэтому резонатор работает ближе к F_p. Заменив в схеме на рис. 9.9,б логический элемент транзистором, получим схему на рис. 9.9,в, которая в "классической" литературе называется "ёмкостная трёхточка". На практике она широко применяется для построения перестраиваемых в диапазоне 0,1...5 ГГц генераторов, поскольку позволяет соединить эмиттер с землёй". Кроме того, примерно в середине катушки индуктивности есть холодная точка, где ВЧ-напряжение равно нулю, и её заземление по переменному току не меняет режим работы генератора. К этой точке можно подвести либо питание, либо управляющее напряжение для варикапов.

Схема на рис. 9.9,г ничем не отличается от предыдущей, только заземлён коллектор. Если поменять местами катушку индуктивности и конденсаторы, получим схему на рис. 9.9,д — индуктивную трёхточку. Она тоже часто встречается и особенно удобна при применении полевых транзисторов и ламп. Первый гетеродин в S-2000 (и подобных) очень удачно выполнен по этой схеме с применением полевого транзистора 2SK544. Если в схеме рис. 9.9,г катушку индуктивности заменить кварцевым резонатором, получим схему на рис. 9.9,е. Именно по этой схеме собран второй гетеродин. Стало понятно, что резонатор должен работать в промежутке между F_s и F_p, т. е. иметь индуктивный характер реактивного сопротивления. Точная частота зависит от фазового сдвига в транзисторе и ёмкости конденсаторов. Если последовательно с кварцевым резонатором включить катушку индуктивности, частота генерации понижается максимально на несколько килогерц.

В различных публикациях можно часто прочитать, что в предложенной там схеме кварцевый резонатор работает на последовательном или параллельном резонансе. На самом деле в большинстве случаев он работает между ними. А уже из-за особенностей конкретной схемы условие генерации выполняется ближе к тому или иному резонансу. Только в тщательно сконструированных гетеродинах можно добиться работы резонатора практически на F_s, что потенциально даст наилучшую стабильность и наименьший фазовый шум.

Заводская схема второго гетеродина

Схема второго гетеродина в заводском варианте показана на **рис. 9.10**, а его конструкция — на **рис. 9.11** и **рис. 9.12**. Он собран по схеме, приведённой на рис. 9.9,е, наличие катушки индуктивности 1T3 это не меняет. Подобная схема в 80-е годы прошлого века часто применялась для построения прецизионных генераторов с частотой до 10 МГц в режиме работы на гармонике специального кварцевого резонатора. При грамотном исполнении такой генератор работает с большой амплитудой выходного сигнала, мало шумит вблизи основной линии спектра. За счёт изменения тока эмиттера в нём возможна реализация АРМ (автоматической регулировки мощности), что обеспечивает смягчение процесса ограничения амплитуды и уменьшения фазового шума. В 90-е годы схема уже в упрощённом варианте вошла в стандарт с массовым применением микросхемы NE612 с гетеродином на гармонике кварцевого резонатора. С этими упрощениями разработчики S-2000 внесли многие проблемы в приёмник.

Транзистор гетеродина не обозначен на плате. По маркировке на его корпусе (R25) это, вероятно, транзистор 2SC4226, предназначенный для работы в диапазоне УКВ при малом напряжении питания. Эксперименты показали, что в этом устройстве успешно работают транзисторы BFS17, BFR92, а также 2SC9018, КТ368 и КТ399, но с меньшей на 20 % амплитудой выходного сигнала. Варикапы с маркировкой I-386 можно заменить варикапами BB212. Устройство не критично к компоновке и если не работает, значит вышел из строя какой-то элемент или создалась "авторская" ошибка в схеме.

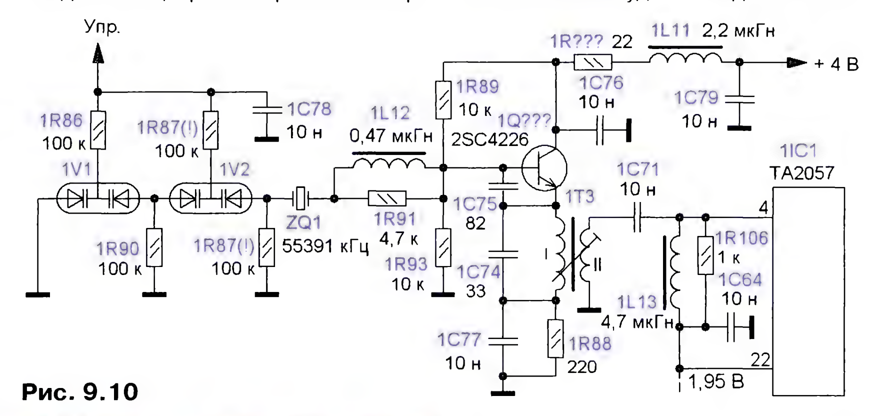


Рис. 9.10

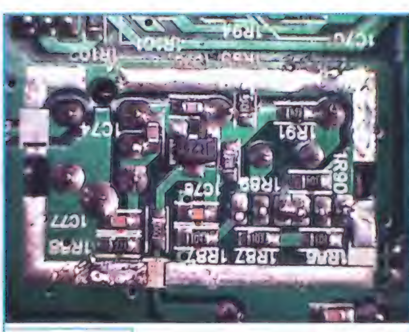


Рис. 9.11

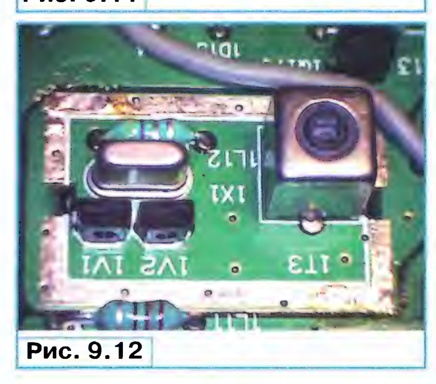


Рис. 9.12

Устойчивая работа на гармониках достигается соответствующей настройкой параллельного контура — первичная обмотка 1T3 и конденсатор 1C74 (для 0,6 мкГн и 33 пФ — частота около 32 МГц). Этот контур настроен ниже частоты требуемой гармоники (!), чтобы на частоте генерации 55,390 МГц (третья гармоника) проявился его ёмкостный характер, а на частоте основного резонанса (18,456 МГц) — индуктивный. Так как усиление транзистора и добротность контура падают с ростом частоты, условие самовозбуждения выполняется предпочтительно на той гармонике, которая чуть выше резонанса этого контура. Если настроить контур выше третьей гармоники, генератор перепрыгнет на следующую некратную, пятую гармонику (92,3 МГц). На более высоких частотах однозначности в настройке получить затруднительно, и генератор менее пригоден для работы на седьмой и более высоких гармониках кварцевого резонатора.

Обмотка II катушки индуктивности 1T3 служит для подачи сигнала второго гетеродина на смеситель, встроенный в микросхему TA2057. Соотношение витков обмоток 4:1. Выходное сопротивление вторичной обмотки — около 20 Ом, без нагрузки размах сигнала — 400...700 мВ. Допускается ёмкостная нагрузка — не более 68 пФ. Подключать частотомер к этой обмотке следует через резистор сопротивлением 33 Ом. В других при-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-88-18

ёмниках семейства, где в смесителе применён транзистор 2SK544, соотношение витков катушки 2:1 и частотомер надо подключать через резистор сопротивлением 100 Ом.

Недоразумение со вторым гетеродином в S-2000 начинается с того, что экран над контуром 1Т3 имеет отверстие для подстройки его с помощью ферритового подстроечника, и доверчивому регулировщику покажется, что так можно изменить частоту второго гетеродина или амплитуду сигнала. Но это не так, ни амплитуда, ни частота практически не изменяются, да и не должны. Только при полном выкручивании подстроечника частота гетеродина может "перепрыгнуть" на пятую гармонику кварцевого резонатора. В приёмнике выпуска 2011 г. этот контур был совершенно правильно настроен на частоту 32 МГц. А вот в приёмнике выпуска 2008 г. я не смог наладить работу гетеродина с новым резонатором на частоту 55394 кГц до тех пор, пока не настроил этот контур. В этом приёмнике ёмкость конденсатора 1С74 была 15 пФ, и только после установки параллельно ему конденсатора постоянной ёмкости 8,2 пФ и подстроечного (4...20 пФ) гетеродин стал работать устойчиво. Скорее всего, в недопонимании принципа работы генератора, на заводе старались настроить контур на частоту 55 МГц.

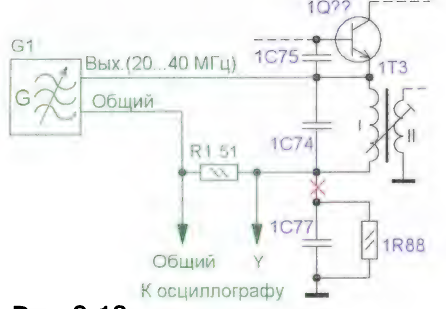


Рис. 9.13

Для определения частоты настройки этого контура можно воспользоваться схемой измерений, показанной на **рис. 9.13**. Приёмник включать не следует. При изменении частоты генератора на частоте резонанса контура отмечается резкий минимум выходного напряжения.

Подача сигнала второго гетеродина на смеситель

В состав микросхемы ТА2057 входят элементы гетеродина, который может работать в трёх режимах. При открытом выводе 4 гетеродин "зависнет" в крайнем состоянии и разбалансирует смеситель, который станет работать в усилительном режиме (как в приёмнике PL-600). При подключении к выводу 4 параллельного контура внутренний гетеродин начинает работать — вырабатывает стабильное напряжение синусоидальной формы размахом 0,5 В. Отдельная система АРМ поддерживает амплитуду сигнала постоянной в широком интервале значений индуктивности, ёмкости и добротности элементов контура. До частоты 30 МГц всё это работает уверенно, а на 55 МГц я не мог добиться стабильной работы, но надо сказать, что производителем микросхемы это и не предусмотрено.

Если резонансное сопротивление этого LC-контура снижается до 330 Ом, колебания могут не возникнуть, а при сопротивлении 180 Ом гетеродин имеет коэффициент передачи явно менее 1 и работает в пассивном режиме как развязывающий каскад для сигнала от внешнего гетеродина. Но в заводской схеме условие для пассивного режима выполнено не однозначно и возможны паразитные колебания в диапазоне средних волн на частоте контура, образованного элементами 1L13 и 1С71. В случае возникновения этой проблемы уменьшением сопротивления резистора 1R106 или увеличением ёмкости конденсатора 1С71 до 47 нФ можно эти паразитные колебания погасить. Выявить паразитные колебания можно, временно подключив базу транзистора второго гетеродина на общий провод и наблюдая сигнал на выводе 4 микросхемы ТА2057.

Далее, смеситель в микросхеме ТА2057 на частоте 55 МГц уже работает на пределе своих возможностей, и усиление смесителя достигает максимума только при напряжении внешнего гетеродина размахом 800 мВ вместо номинальных 500 мВ на частотах менее 30 МГц. В заводском варианте сигнал второго гетеродина существенно меньше 800 мВ, кроме того, он изменяется как по форме, так и по напряжению (на 10...20 %) при перестройке частоты. По этой причине при каждой перестройке на 2 кГц заметно меняется усиление смесителя. В результате при "пустом" эфире мы услышим шум разного уровня, что раздражает при "прогулке" по тихим диапазонам. Этот недостаток — общая болезнь всего семейства, но в S-2000 имеется свободное пространство, чтобы с помощью дополнительных элементов исправить просчёт. Следует отметить, что в приёмнике PL-660 второй гетеродин сделан более удачно, там чередующие изменения уровня шумов связаны только с недостатками кварцевого фильтра.

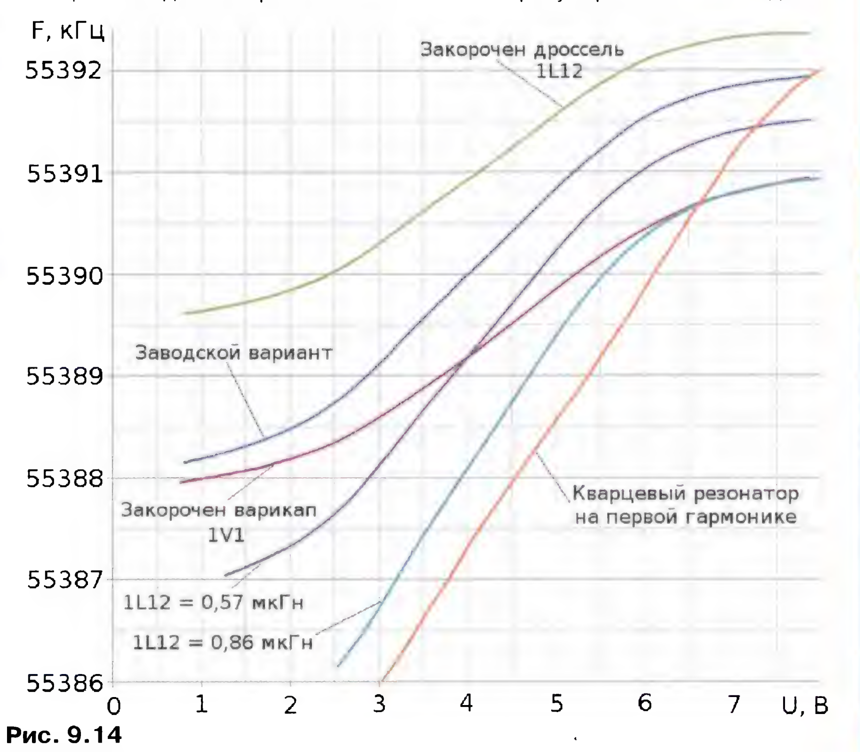


Рис. 9.14

Доработка второго гетеродина

При доработке этого гетеродина потребуется контроль не только его частоты, но амплитуды и формы его выходного напряжения. В моих приёмниках выпусков 2008 г. и 2011 г. характеристики управления частотой второго гетеродина полностью совпали, а также кварцевый резонатор на частоту 55391 кГц из приёмника PL-600 показал те же зависимости в этих схемах, поэтому можно исходить из малого разброса параметров кварцев при производстве этого узла. На **рис. 9.14** приведены характеристики управления частотой второго гетеродина для разных вариантов подключения дополнительных элементов к кварцевому резонатору.

Во всех случаях видно, что при управляющем напряжении 3...5 В имеем практически линейную и самую крутую часть зависимости. Цель нашей доработки — гетеродин должен "попасть" в этот интервал. Представьте, каких усилий потребует решение этой задачи на заводском конвейере. Синяя кривая — это характеристика заводского варианта (если контур 1Т3/1С74 настроен на частоту 32 МГц). Для частот 55391 и 55390 кГц она позволяет перестраивать гетеродин ещё и на ±500 Гц. Но этот вариант подходит, если $F_{пч2}$ = 454 кГц, а это — редкий случай. Для фактической $F_{пч2}$ = 455 кГц гетеродин должен работать на частоте 55390 или 55389 кГц. В заводском варианте ниже 55389 кГц

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

перестройка уже нелинейная. Большинство читателей, которые нашли центральную частоту второй ПЧ ближе к 456 кГц, уже поняли, что на частоту 55388 кГц никак не настроиться, а о функции плавной подстройки и мечтать не следует. Поэтому на производстве вместо того, чтобы разобраться в этой ситуации, решили скорректировать синтезатор частоты, чтобы получить первую ПЧ 55845/55846 кГц и подсунули нам лишние 200 Гц смещения частоты приёма.

Схема различных вариантов доработки второго гетеродина показана на **рис. 9.15**. Но сначала снимают характеристику управления частотой ГУНа своего приёмника. Для этого в режиме АМ на контакт "VT" разъёма на плате № 4 подают напряжение от 0 до 8 В от любого внешнего регулируемого источника напряжения и измеряют частоту. Результирующая кривая, скорее всего, будет близка к кривой синего цвета. Рассчитывают необходимые частоты переключения второго гетеродина, вычитая из расчётного значения первой ПЧ (55845 и 55844 кГц) фактическое значение второй ПЧ своего приёмника.

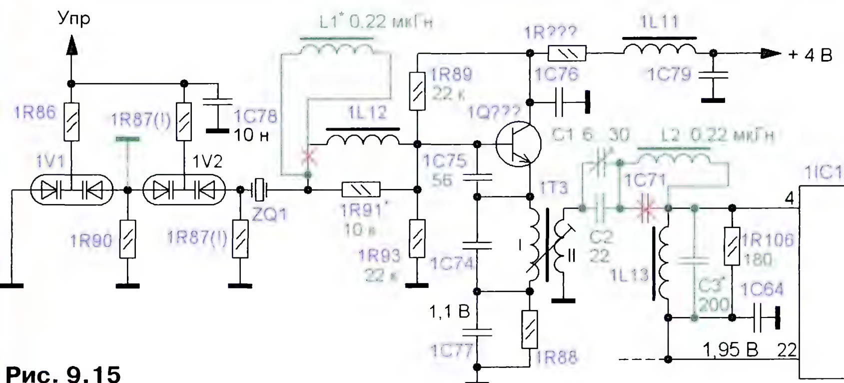


Рис. 9.15

Если $F_{пч2}$ = 454 кГц, тогда всё просто — нашу кривую надо немного сдвинуть в сторону зелёной кривой. Для этого заменяют дроссель 1L12 другим с меньшей индуктивностью (0,12...0,39 мкГн). Его можно изготовить самостоятельно.

Для $F_{пч2}$ = 455 кГц дроссель не трогают и устанавливают проволочную перемычку параллельно сдвоенному варикапу 1V1 (перестроечная кривая красного цвета). Но в этом случае гетеродин работает не лучшим образом. Амплитуда на выходе заметно уменьшается, растёт уровень шума, так как оставшийся варикап перегружен напряжением сигнала. Лучше, если последовательно с дросселем 1L12 устанавливать ещё один добавочный, индуктивностью 0,1...0,15 мкГн, и это будет уже фиолетовая кривая. Но вероятнее всего (как у меня), $F_{пч2}$ = 456 кГц, тогда индуктивность добавочного дросселя должна быть 0,33...0,68 мкГн (голубая кривая). Это позволит обеспечить плавную перестройку частоты на ±1кГц! В установившемся режиме работы гетеродина на варикапах присутствует достаточно большое переменное напряжение (размах до 8 В), поэтому не рекомендуется уменьшать управляющее напряжение до 2 В и менее. По высокой частоте варикапы включены последовательно, и на каждом из них переменное напряжение будет в четыре раза меньше. Поэтому нежелательно закорачивать один из варикапов.

Дроссель можно изготовить самостоятельно, намотав на высокоомный выводной резистор (сопротивление — более 100 кОм) несколько витков обмоточного провода. Предварительно резистор проверяют на отсутствие в нём магнитных материалов, поднеся его к магниту — резистор не должен притягиваться. В нашем случае важное значение имеет такой параметр дросселя, как частота собственного резонанса. По опыту доработки для второго гетеродина может потребоваться дроссель с суммарной индуктивностью до 1 мкГн. У большинства выводных дросселей такого значения собственный резонанс лежит в диапазоне 90...120 МГц, у дросселей SMD-исполнения даже ниже. Поэтому на частоте 56 МГц дроссель уже не имеет свою номинальную индуктивность, что в худшем случае полностью "сбивает" работу гетеродина. Намного лучше работают два последовательно соединённых дросселя с меньшей индуктивностью. Можно к заводскому дросселю просто "добавить" свой самодельный.

Зависимость изменения частоты гетеродина от управляющего напряжения можно контролировать, подавая постоянное напряжение (например, от батареи "Крона" и переменного резистора сопротивлением 10 кОм) на контакт VT разъёма 4J3 на плате № 4. Но пока ещё рано настраивать частоты переключения, поэтому проверим только примерное совпадение диапазона перестройки по частоте с требуемым и скорректируем другие параметры второго гетеродина.

Если амплитуда выходного сигнала меньше необходимой, увеличить её поможет замена резисторов в цепи базы транзистора (1R89 и 1R93) на другие, сопротивлением до 22 кОм. Эксперименты показали, что ёмкость конденсатора 1C75 выбрана неудачно, его лучше заменить другим, ёмкостью 56 пФ, что также даст прирост амплитуды выходного сигнала. Увеличение сопротивления резистора 1R91 также даст прирост амплитуды. Он служит для подавления паразитных резонансов у дросселя 1L12. В моих приёмниках этот резистор оказался не нужным после настройки 1T3 и использования раздельных дросселей L1* и 1L12. Чтобы однозначно избежать самовозбуждения генератора, входящего в состав микросхемы TA2057, сопротивление резистора 1R106 должно быть 150...180 Ом. С таким изменением нагрузки гетеродин справится.

С целью удешевления приёмников производители часто отказываются от грамотного формирования сигнала гетеродина для смесителей и подают его напрямую от транзистора гетеродина (или усилителя). Получается вроде работающее устройство, как в S-2000. В транзисторных гетеродинах на эмиттерах (истоках) никогда не получается чисто синусоидальное напряжение — там импеданс всегда низкий. Это та точка, в которой транзистор "запускает" энергию в резонансный контур. Синусоидальный сигнал, вероятнее всего, можно найти на базе или затворе (и то не всегда), но в этом случае нагрузочная способность невелика.

Для чего смесителю сигнал синусоидальной формы, если всё равно его дифференциальные каскады "преобразуют" синус в меандр и работают в ключевом режиме? Весь секрет правильной работы лежит в симметричности нахождения смесителя поочерёдно в двух состояниях с разным усилением. Подобное обеспечивает синусоидальный сигнал с амплитудой более 200 мВ в рабочем частотном диапазоне для смесителей на основе ячейки Гильберта (как в микросхеме TA2057). Тот же эффект можно получить, подавая на такой смеситель сигнал с выхода цифрового делителя частоты (меандр). С таким подходом можно реализовать весь потенциал смесителя, его выходной спектр станет намного чище, так как отсутствуют все чётные гармоники от гетеродина и их комбинации с полезным сигналом. Для перестраиваемых гетеродинов перед смесителем целесообразно установить ФНЧ. Ещё лучше получается, если после ФНЧ поставить усилитель-ограничитель, который преобразует синус в прямоугольные симметричные импульсы для ускорения переключающих процессов в смесителе. В смесителях на основе схемотехники микросхемы NE612 этого не сделать, и это закрывает им дорогу в серьёзную аппаратуру.

Для реализации описанных улучшений предлагается между вторым гетеродином и смесителем в микросхеме TA2057 установить резонансную цепь в виде LC-контура C1C2L2 (рис. 9.15), который обеспечит согласование выходного сопротивления гетеродина с входным сопротивлением смесителя. В результате на выводе 4 микросхемы TA2057 получим напряжение синусоидальной формы с размахом 800....1000 мВ. Смеситель с таким сигналом работает симметрично и практически в ключевом режиме, поэтому даже изменение амплитуды на ±10 % не влияет на тембр и уровень сигнала или шума на выходе ЗЧ.

Конденсатором C2 настраивают согласующий контур на максимум сигнала на выводе 4. Подборкой конденсатора C3 (120...240 пФ) надо установить требуемую амплитуду на выводе 4. На **рис. 9.16** показано место установки конденсатора C2, предварительно печатный проводник перерезают скальпелем. Подстроечный конденсатор C1 установлен с другой стороны платы (**рис. 9.17**). Там

же показан выводной конденсатор С3, установленный временно во время налаживания. Затем он заменён на SMD-конденсатор типоразмера 0805, который припаян над резистором 1R106.

Доработка по такой схеме приводит к тому, что от гетеродина отбирается максимум энергии сигнала, что влияет на его частоту. Смещение на 700 Гц вполне нормальное явление. По этой причине, как только установим требуемое напряжение, больше к этому этапу не возвращаемся! Следом подкорректируем диапазон перестройки частоты гетеродина, может быть, индуктивность катушки L1 придётся подкорректировать.

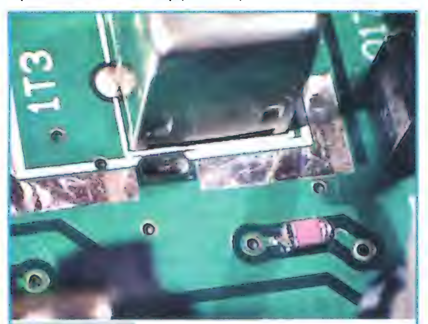


Рис. 9.16

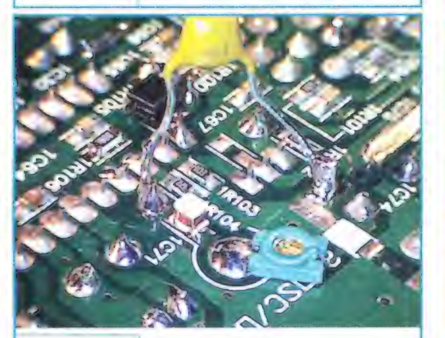


Рис. 9.17

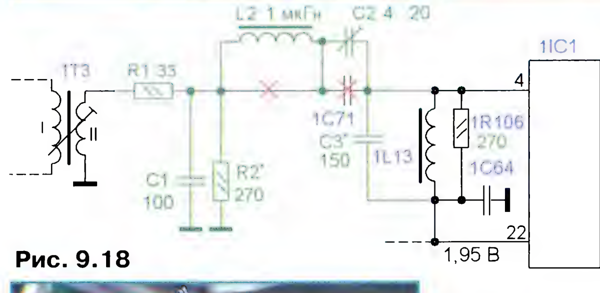


Рис. 9.18

Рис. 9.19

У кого нет качественной катушки индуктивностью 0,22 мкГн (белый керамический корпус типоразмера 0805), может применить другую схему с выводным дросселем 0,82...1 мкГн (**рис. 9.18**). С ней чуть тяжелее "выжать" 800 мВ для смесителя, но форма сигнала будет синусоидальной, а это куда важнее. Заодно уменьшается влияние этой регулировки на частоту гетеродина.

На **рис. 9.19** показаны заводской (0,47 мкГн) и включённый последовательно с ним самодельный дроссель (индуктивность примерно 0,15 мкГн) во время подборки. Позже установим их "красиво" с другой стороны платы под экранирующей крышкой. На **рис. 9.20** показан согласующий фильтр с подстроечным конденсатором С2 (розового цвета) в приёмнике

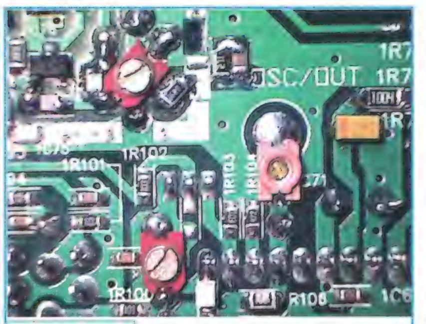


Рис. 9.20

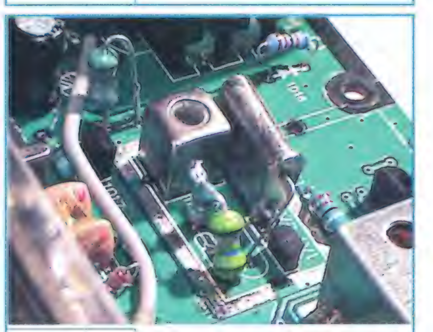


Рис. 9.21

выпуска 2008 г. Контур (1Т3 и 1С74) пришлось настроить на частоту 32 МГц с помощью подстроечного конденсатора (красного цвета вверху). На **рис. 9.21** показан вариант установки катушки L1 (1 мкГн) над перерезанным печатным проводником (слева за 1Т3). Кварцевый резонатор я заменил другим (частота 55395 кГц для второй ПЧ 450 кГц) и двумя дросселями наладил диапазон перестройки. Второй варикап я позже "вернул" пайкой с другой стороны.

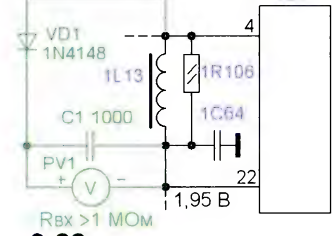


Рис. 9.22

На смеситель микросхемы TA2057 не стоит подавать от внешнего гетеродина сигнал размахом более 1 В, поскольку иначе возникают искажения сигнала ПЧ. Требуемый размах установим подборкой резистора R2. У кого нет калиброванного осциллографа с верхней рабочей частотой не менее 60 МГц, может проконтролировать амплитуду, собрав детектор, схема которого показана на **рис. 9.22**.

Он предсказуемо после калибровки работает только с высокоомным вольтметром постоянного тока. Калибруют детектор с помощью источника постоянного напряжения (**рис. 9.23**). После пайки

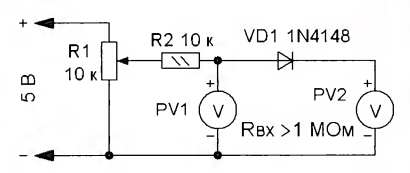


Рис. 9.23

ждём несколько минут для остывания диода. Резистором R1 устанавливают на вольтметре PV1 напряжение 400 мВ, это соответствует размаху 800 мВ переменного ВЧ-напряжения и записывают показание вольтметра PV2. Стоит сделать несколько таких измерений для разных значений напряжений на PV1, поскольку характеристика детектора в начальной области ВАХ диода нелинейная. В детекторе можно применить диоды Д9, КД514, BAT45 и много других быстродействующих (t < 4 нс) диодов. Главное, не менять их температурный режим при калибровке и дальнейших измерениях.

Корректировка частот переключения второго гетеродина

Элементы перестройки гетеродина найдём на плате № 4 (**рис. 9.24**), а также рядом с разъёмом данного шлейфа на плате № 1. Управляющее напряжение для варикапов второго гетеродина поступает с резистивного делителя напряжения с коммутирующими транзисторами. На делитель поступает стабилизированное напряжение +16 В с выхода повышающего преобразователя, что обеспечивает требуемую характеристику управления. Управляющее напряжение на варикапы второго гетеродина присутствует на контакте 4 разъёма 4J3 на плате № 4 (надпись "VT"). В режиме АМ среднее значение напряжения поступает на этот контакт через резисторы 4R9 и 4R14. С помощью транзистора в составе микросхемы LC72137 на плате № 1 управляющее напряжение для варикапов изменяется скачком для создания промежуточного шага настройки приёма на 1 кГц. Сначала подстроечным резистором 1VR2 "55391" устанавливают более высокую частоту, при этом резистор 1VR1 на настройку не влияет. После этого резистором 1VR1 "55390" устанавливают более низкую частоту. Частоты настроим согласно частотному плану своего приёмника.

В режиме SSB открывается транзистор 4Q2(!) и пропускает напряжение с движка переменного резистора 4VR3. Из-за проблем с заводским гетероди-

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

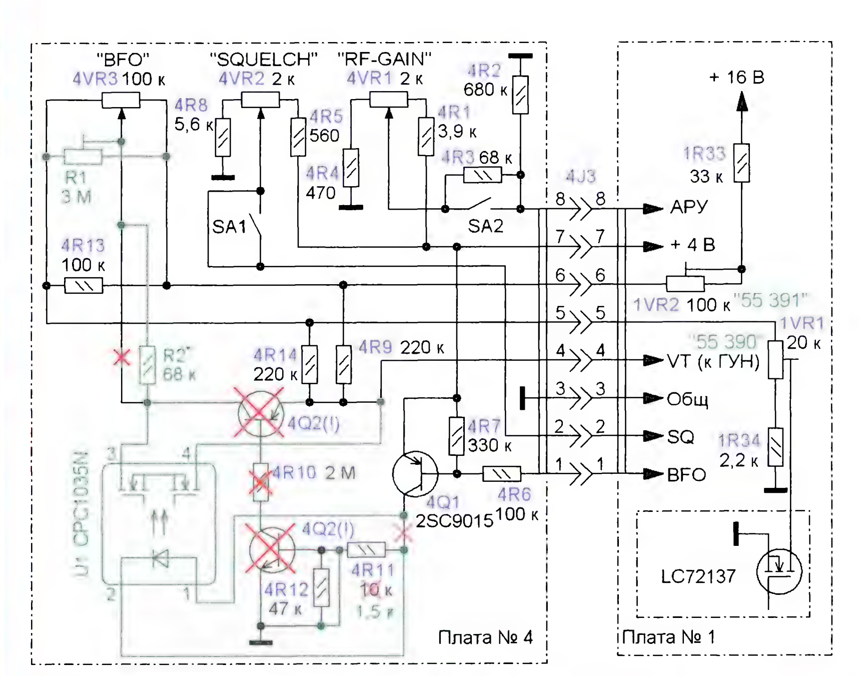


Рис. 9.24

ном диапазон регулировки сделан слишком большим. Теперь его можно сузить. По опыту эксплуатации приёмника вполне достаточный диапазон плавной подстройки частоты регулятором BFO — ±0,7 кГц, а в заводском варианте было ±2 кГц, что явно много. В моём приёмнике частота второй ПЧ — 456 кГц и характеристика управления второго гетеродина близка к кривой голубого цвета (рис. 9.14), и я установил диапазон перестройки ±1 кГц.

Все вновь введённые элементы и соединения показаны на рис. 9.24 зелёным цветом, элементы, которые удалены, отмечены красным крестом. Если после проведения настройки будет небольшое отклонение риски регулятора ручки BFO от "0", скорректировать это можно установкой подстроечного резистора R1 параллельно резистору 4VR3. Недостатком заводского варианта является то, что на управляющее напряжение влияет базовый ток транзистора 4Q2(!), который нестабилен при сильном изменении температуры. Для устранения этого недостатка взамен обоих транзисторов 4Q2(!) применена оптопара с выходом на полевых транзисторах. Подойдут по габаритам оптопары CPC1035N и KAQY214. Вариант её установки показан на **рис. 9.25**. Резистор 4R11 (1) заменён другим, сопротивлением 1,5 кОм с его подключением на общий провод. На месте установки оптопары 3 был сделан разрез 2 печатного проводника между его первым и вторым выводами. Резистор (4) 68 кОм задаёт диапазон BFO и установлен также над разрезом.

При переделке второй ПЧ на 450 кГц во втором гетеродине надо поменять кварцевый резонатор на другой — с частотой на 5 кГц больше. Соответствующие резонаторы были приобретены в магазине (**www.quartz1.com**), но по непонятной причине в одной партии (фирма SUNNY) с одинаковой маркировкой 70 % имели частоту 55395, остальные — 55400 кГц. Поэтому придётся покупать несколько экземпляров или пользоваться магазинным сервисом проверки. Кварцевый резонатор в металлическом корпусе HC49 "уложим" рядом с катушкой 1T3 и припаяем его корпус к фольге общего провода (см. рис. 9.21). Остальные работы проведём, как указано ранее для заводского кварцевого резонатора. Вероятно, потребуются дроссели индуктивностью до 0,68 мкГн. Следует убедиться, что у гетеродина отсутствует паразитная генерация в диапазоне до нескольких гигагерц. Обнаружить это можно, контролируя постоянное напряжение на резисторе 1R88 и приближая руку к дросселю 1L12. Срыв и возникновение паразитной генерации проявляются как скачки напряжения на этом резисторе.

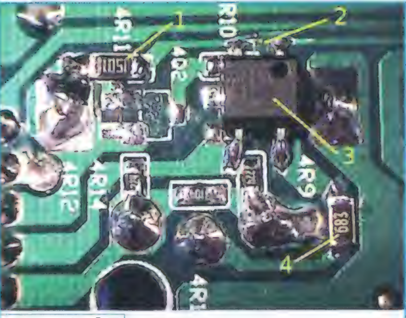


Рис. 9.25

При поиске более простого и уверенного решения проблем второго гетеродина я обратил внимание на необычное предложение российского изготовителя кварцев, чьи изделия можно заказать по спецзаказу через **www.quartz1.com**, и по стоимости это вовсе не дорого. Я решился на изготовление двух опытных кварцев по 2 шт. с номиналом 55394 и 55389 кГц и нагрузочной ёмкостью 20 пФ, работающих на основной (!) гармонике. Замеры готовых изделий показали высокую точность исполнения и необычный широкий резонансный интервал шириной 100 кГц. Если эти кварцы просто поставить в замену заводского, BFO легко перестраивается на 20 кГц. Более подробные исследования показали идеальную характеристику управления частоты во втором гетеродине (оранжевая линия на рис. 9.14). Я не рекомендую отказываться от дросселя 1L12 (хотя можно), так как он линеаризирует характеристику перестройки. Данная характеристика была получена при 1C75 = 68 пФ, 1C74 = 39 пФ, 1L12 = 0,1 мкГн, кварцевый резонатор — 55389 кГц. Характеристику можно сдвинуть (если надо) малой ёмкостью параллельно всей цепочке из варикапов. Для полученной характеристики она составляла 8,2 пФ. Линейный участок управления лежит в диапазоне 3...7 В, что позволяет исполнять уже любые наши "капризы". По температурной стабильности в интервале 0...40 °С я заметил вдвое меньший дрейф, чем с заводским резонатором.

После проведённой доработки приёмник должен чётко "попасть" на станции, работающие в сетке с шагом 1 кГц. Проверяют это на чётных и нечётных частотах в режимах LSB и USB в диапазонах ДВ, СВ и КВ при настройке на мощные радиовещательные АМ-станции. Нулевые биения на СВ- и КВ-диапазонах должны совпасть без подстройки регулятором BFO. В результате существенно снизилось чередующее через 2 кГц изменение шума "пустого эфира". Также заметим более спокойное поведение приёмника в загруженных диапазонах. При прокрутке валкодера идёт плавный переход от одной станции к другой без посторонних звуков — это уже можно назвать "прогулкой".

Несмотря на чёткое попадание на сигналы радиостанций, в нашем приёмнике живёт ещё один "кот" из купленного мешка. Это — кварцевые фильтры в тракте первой ПЧ. От них во многом зависит многосигнальный динамический диапазон приёмника. Доработкой их, а также УПЧ первой ПЧ займёмся в следующей части статьи. Дополнительно будет приведена информация по применению высокочастотных двухрезонаторных кварцевых фильтров.

***От редакции**. Справочные данные некоторых упомянутых в статье радиоэлементов находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/s2000-9.zip** на нашем FTP-сервере.*

(Продолжение следует)

Многофункциональный частотомер

Б. БАЛАЕВ, г. Нальчик, Кабардино-Балкария

Предлагаемый прибор, кроме обычного измерения частоты сигналов, может измерять их период, а также длительность положительных и отрицательных импульсов. Вдобавок к этому частота сигналов менее 1 кГц вычисляется как величина, обратная их периоду, а период повторения сигналов, меньший 1000 мкс, — как величина, обратная их частоте. Это повышает точность измерения.

Когда-то я собрал очень популярный в то время частотомер Денисова [1], вернее, его вариант [2] на микроконтроллере PIC16F628A и светодиодном индикаторе АЛС318. Через много лет он вновь попался мне на глаза. Измеряет этот прибор частоту исправно, но уж больно примитивен, да ещё и показания постоянно мерцают. Было решено на той же основе (изменив подключение двух выводов микроконтроллера, входные цепи и цепи питания) создать прибор, лишённый недостатков своего прототипа, а также дополненный новыми функциями и режимами.

Описываемый ниже прибор имеет следующие возможности: "обычное" измерение частоты путём подсчёта числа импульсов в течение одной секунды; измерение частоты низкочастотных сигналов как величины, обратной его периоду; измерение периода сигнала, причём период высокочастотных сигналов вычисляется как величина, обратная его частоте; измерение длительности импульсов как положительной, так и отрицательной полярности.

Также имеется возможность сохранять в энергонезависимой памяти микроконтроллера по одному значению измеряемой величины в каждом режиме с последующим их просмотром при необходимости. Предусмотрено оперативное изменение настроек прибора и его автоматическое выключение при отсутствии внешних воздействий в течение определённого времени.

Основные технические характеристики

Максимальная измеряемая частота, МГц 40

Дискретность измерения частоты обычным методом, Гц 1

Дискретность измерения частоты через период, Гц 0,001

Минимальный измеряемый период, мкс 0,05

Максимальный измеряемый период, с 2

Частота, на которой изменяется способ измерения периода и частоты, Гц ...900...1000

Минимальная измеряемая длительность импульсов, мкс 1

Максимальная измеряемая длительность импульсов, с 1

Амплитуда измеряемого сигнала, В ....0,1...100

Относительная погрешность измерения ....$1\cdot10^{-5}$

Дополнительная погрешность измерения, ед. мл. разряда 1

Продолжительность отображения результата измерения, с ....0,25—2

Задержка автоматического выключения прибора, мин 8, 16, 32, 64

Напряжение питания, В ....5,5...10

Средний ток потребления в рабочем режиме, мА ....15...25

Ток потребления в спящем режиме, мкА, не более 10

Схема частотомера приведена на **рис. 1**. Микроконтроллер PIC16F628A (DD1) сигналами, формируемыми на выходах RA3, RB0—RB2, RB4—RB7, управляет через ограничительные резисторы R10—R17 анодами элементов индикаторов HG1 и HG2, в качестве которых использованы два четырёхразрядных семиэлементных светодиодных индикатора с общими катодами элементов каждого разряда FYQ-3641AHR-11. Сигналы, управляющие катодами разрядов индикатора, поступают с выходов

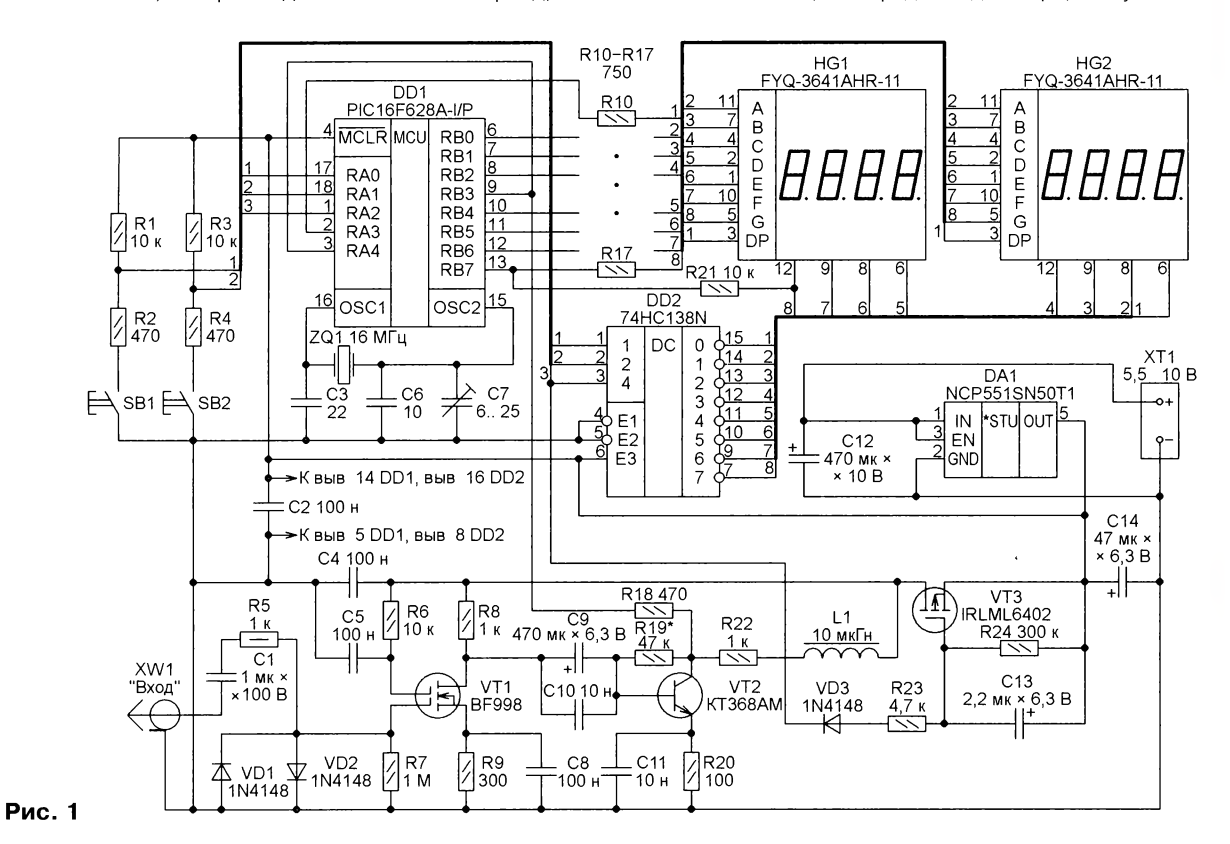


Рис. 1

тел. 608-83-05 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

дешифратора 74HC138N (DD2), на входы которого сигналы поступают с линий RA0—RA2 микроконтроллера, работающих в режиме выходов. С помощью этих же линий, работающих в режиме входов, программа проверяет состояние кнопок управления SB1 и SB2. Резисторы R1—R4 задают на входах нужные потенциалы при нажатых и отпущенных кнопках.

Тактирование микроконтроллера происходит от его внутреннего генератора, частота которого 16 МГц задана внешним кварцевым резонатором ZQ1. Вывод MCLR не используется и во избежание сбоев соединён с плюсом напряжения питания микроконтроллера.

Операции, связанные с динамической индикацией, программа выполняет в процедуре обработки запросов прерывания от таймера TMR2, следующих с периодом 2 мс. Поэтому обновление информации на восьмиразрядном индикаторе происходит с частотой 1/(8×0,002) = 62,5 Гц. Этим обеспечена незаметность мерцания индикатора во всех режимах работы прибора.

Сигнал с входного усилителя-формирователя поступает на объединённые линии RA4 и RB3 (соответственно выводы 3 и 9 микроконтроллера, имеющие альтернативные функции T0CKI и CCP1). В режиме обычного частотомера T0CKI — вход счётчика импульсов, а линия RB3, работающая в режимах входа и выхода, служит для программного открывания и закрывания входа счётчика и последующего "досчёта".

При измерении периода и длительности обе линии работают как входы T0CKI и CCP1. При этом используется алгоритм с захватами состояния регистра TMR1 в моменты перепадов сигнала и вычислением интервалов времени между этими моментами, а также с контролем корректности результата путём анализа содержимого регистра TMR0.

Идея состоит в том, что измеряемый сигнал поступает на объединённые входы счёта и захвата таймеров микроконтроллера. Это позволяет по числу подсчитанных таймером TMR0 перепадов судить, не пропущены ли нужные перепады узлом захвата таймера TMR1 по причине недостаточного быстродействия микроконтроллера.

Входной усилитель-формирователь на транзисторах VT1 и VT2 собран по известной и хорошо зарекомендовавшей себя схеме. Относительно большая ёмкость конденсаторов C1 и C9 объясняется необходимостью обеспечить нижнюю границу полосы пропускания не более 1 Гц (для этого же служит резистор R20, увеличивающий входное сопротивление ступени на транзисторе VT2). Элементы C8, C10, C11, L1 увеличивают коэффициент передачи усилителя-формирователя для сигналов вблизи максимальной измеряемой частоты. Резистор R5 и диоды VD1, VD2 защищают транзистор VT1 от пробоя входным сигналом.

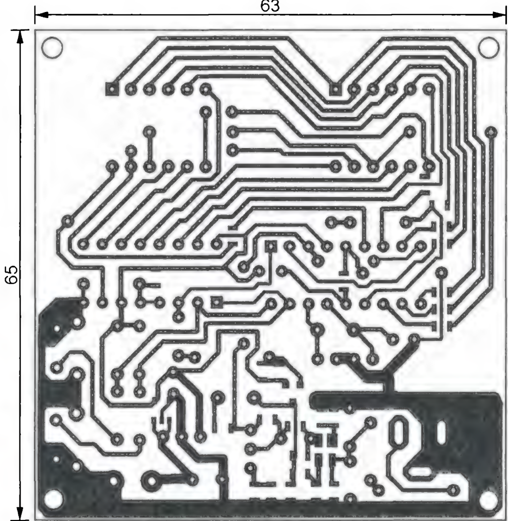
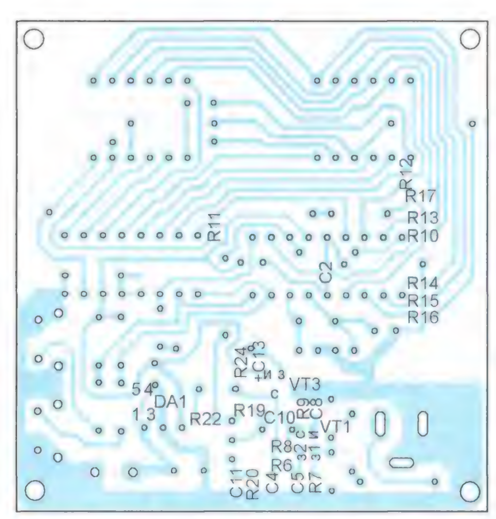


Рис. 2



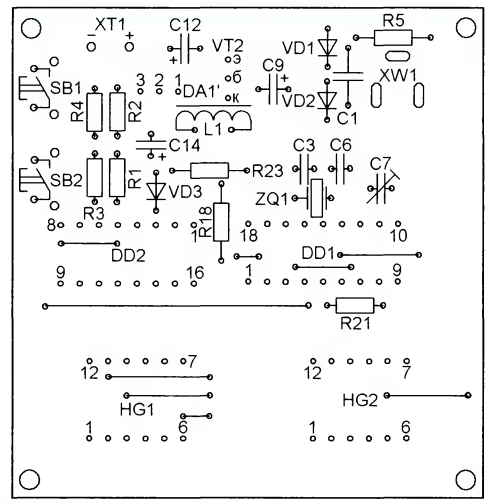


Рис. 3

Усилитель-формирователь потребляет значительный ток (около 5 мА), поэтому для экономии питания в спящем режиме прибора потребовалось отключать его от усилителя с помощью ключа на полевом транзисторе VT3 с каналом р-типа. Из-за отсутствия свободных выводов микроконтроллер управляет этим ключом сигналом с выхода RA2, используемого также для управления дешифратором DD2. В рабочем режиме сигнал на этом выводе — прямоугольные импульсы с частотой повторения 125 Гц. Когда логический уровень этого сигнала низкий, конденсатор C13 заряжается через цепь VD3R23 и транзистор VT3 открывается отрицательным относительно истока напряжением на затворе. При высоком уровне сигнала диод VD3 препятствует разрядке конденсатора через относительно небольшое сопротивление резистора R23. Постоянная времени цепи C13R24 выбрана достаточно большой для исключения попадания на входной усилитель-формирователь помехи с частотой 125 Гц.

В спящем режиме на выходе RA2 микроконтроллер устанавливает постоянный высокий логический уровень. Конденсатор C13 разряжается через резистор R24, и примерно через 3...5 с транзистор VT3 закрывается и полностью отключает усилитель-формирователь от источника питания. В результате потребляемый прибором в спящем режиме ток не превышает 10 мкА, что при желании позволяет отказаться от механического выключателя питания.

Линии RA0 и RA1 микроконтроллера в спящем режиме сконфигурированы как входы, и на них (а также на входах 1 и 2 дешифратора) при отпущенных кнопках SB1 и SB2 благодаря резисторам R1 и R3 установлен высокий логический уровень напряжения. Высокий уровень действует и на входе 4 дешифратора. Такой комбинации уровней на его входах соответствует низкий уровень на выходе 7, который через резистор R21 поступает на работающую в рассматриваемом случае в качестве входа линию RB7 микроконтроллера.

При нажатии на любую кнопку код на входах дешифратора изменяется, поэтому на его выходе 7 низкий уровень сменяется высоким, который через резистор R21 передаётся на вход RB7 микроконтроллера. В спящем режиме разрешено прерывание по изменению уровня на этом входе, поэтому по нажатию на любую кнопку микроконтроллер возвращается в активный режим.

Прибор питается напряжением 5 В от интегрального стабилизатора напряжения NCP551SN50 (DA1). Для этой микросхемы характерны малая допустимая разность входного и выходного напряжения и экстремально малый собственный потребляемый ток (типовое значение — 4 мкА). Применение вместо неё обычного стабилизатора 78L05 возможно, но сведёт на нет смысл спящего режима из-за большого собственного тока потребления стабилизатора — около 3 мА.

Все детали прибора размещены на печатной плате размерами 63×65 мм из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Чертёж печатных проводников платы изображён на **рис. 2**.

Расположение деталей на двух её сторонах — на **рис. 3**. Размеры платы выбраны такими, что позволяют удобно поместить её в корпус от мультиметра DT-830, предварительно срезав в нём пластмассовые стойки. При этом остаётся достаточно места для различных вариантов батареи питания — от батареи "Крона" до пяти-шести гальванических или аккумуляторных элементов типоразмера AAA. Тот факт, что все детали, в том числе кнопки, входной разъём и винтовая колодка для подачи напряжения питания, компактно размещены на плате, позволяет использовать прибор даже без корпуса. Следует обратить внимание, что индикаторы расположены в нижней части платы. Такая компоновка несколько необычна, но обеспечивает больший угол обзора индикатора.

Индикаторы FYQ-3641AHR-11 можно заменить другими с общими катодами, например CPD-03641. Если вместо дешифратора 74HC138N установить 74AC138N, то при необходимости можно до двух раз увеличить ток, а значит, и яркость свечения индикаторов, уменьшив сопротивление резисторов R10—R17 до 390 Ом. Но тогда пропорционально увеличится ток, потребляемый прибором в рабочем режиме. По моему мнению, яркость индикаторов достаточна и при номиналах этих резисторов, указанных на схеме.

Кварцевый резонатор можно использовать и не только на частоту 16 МГц, но и на 4 МГц, но при этом минимальная измеряемая длительность импульсов увеличится в четыре раза. Варианты программы микроконтроллера для обоих указанных значений частоты резонатора прилагаются к статье.

Кнопки SB1 и SB2 — тактовые угловые. Вместо транзистора BF998 можно использовать BF998R, их различие лишь во взаимно зеркальном расположении выводов. Поэтому транзистор BF988R придётся монтировать на плату в перевёрнутом положении. Транзистор КТ368А заменяется любым подобным маломощным транзистором структуры n-p-n с граничной частотой не менее 300 МГц. Диоды 1N4148 можно заменить отечественными серий КД521, КД522.

В качестве входного гнезда XW1 применена блочная часть разъёма для подачи питания, рассчитанного под штекер диаметром 5,5 мм. К штекеру припаян отрезок экранированного провода длиной 50 см, на противоположном конце которого к центральному проводу припаян щуп, а к его оплётке — зажим "крокодил".

Для уменьшения габаритов конденсаторы и резисторы использованы преимущественно для поверхностного монтажа типоразмера 0805. Конденсатор С13 — танталовый. Для исключения нежелательных замыканий на печатные проводники в местах их прохода под элементами для поверхностного монтажа предварительно наклеены полоски бумажной липкой ленты. Выводные резисторы применены там, где это выгодно с точки зрения удобной разводки печатных проводников. Первыми на плату следует устанавливать элементы для поверхностного монтажа, затем проволочные перемычки и в последнюю очередь — элементы с проволочными выводами.

Стабилизатор NCP551SN50T1 в крайнем случае можно заменить менее дефицитным LP2950CZ-5.0. На плате для него предусмотрено посадочное место, обозначенное DA1'. Но в этом случае потребляемый в спящем режиме ток увеличится до 70...100 мкА.

Внешний вид собранной платы показан на **рис. 4**.

Рис. 4

При использовании указанных на схеме элементов и высококачественного кварцевого резонатора указанные в начале статьи характеристики прибора обеспечиваются без всякой регулировки. Если имеется точный образцовый частотомер, имеет смысл, подав на вход прибора сигнал частотой 5...30 МГц и контролируя её значение по образцовому частотомеру, добиться возможно более близких показаний изготовленного прибора, регулируя их подстроечным конденсатором С7. При необходимости подборкой резистора R19 следует установить на коллекторе транзистора VT2 постоянное напряжение в пределах 2...3 В.

Программа микроконтроллера написана на языке ассемблера MPASM. Приложенные к статье HEX-файлы для загрузки в память микроконтроллера (fmeter_X16_FULL.HEX для кварцевого резонатора на 16 МГц и fmeter_X4_FULL.HEX для кварцевого резонатора на 4 МГц) получены трансляцией программы в среде MPLAB. Для полноценного использования всех возможностей прибора предпочтительно применять резонатор на 16 МГц. Слово конфигурации заносится в HEX-файл программы автоматически при её трансляции, поэтому ручная установка конфигурации не требуется.

При включении прибора на индикатор после приветствия выводятся показания согласно ранее выбранному режиму. При нажатии на кнопку SB1 на индикаторе появляется название текущего режима (в большинстве случаев — немедленно, но иногда может потребоваться удерживать кнопку нажатой до 2 с). При последующих нажатиях на эту кнопку режимы и их названия на индикаторе сменяются по кругу: обычный частотомер FrEq_St, низкочастотный частотомер FrEq_SP, измерение периода PEriod, измерение длительности положительных импульсов t__П__, измерение длительности отрицательных импульсов t_U_ и вновь обычный частотомер.

Нажатие на кнопку SB2 во время индикации на дисплее какого-либо режима приводит к переходу прибора в исходное состояние с соответствующей сменой режима. В случае же отсутствия нажатия любой кнопки в течение времени ожидания (3...10 с) прибор переходит в исходное состояние в прежнем (до нажатия на кнопку SB1) режиме.

Если после появления на индикаторе названия режима удерживать, не отпуская кнопку SB1 более 3 с, на индикаторе появится надпись to_SLEEP. При этом нажатие на кнопку SB2, как и отсутствие нажатий кнопок в течение времени ожидания, переводит прибор в спящий режим, выходят из которого нажатием на любую кнопку. Нажатие же в этом режиме на кнопку SB1 (разумеется, предварительно её отпустив) приводит к попеременному появлению на дисплее надписей to_SLEEP и SEtt inGS.

Нажав на кнопку SB2 во время вывода надписи SEtt inGS, переходят в подменю установок. Здесь P_ ind000 — период индикации, с; t_butt00 — продолжительность ожидания нажатия на кнопки, с; t_OFF00 — время до автоматического выключения, мин. Нули в этих надписях будут заменены текущими значениями соответствующих параметров, мигающими для большей заметности.

Пункты этого меню последовательно переключают нажатиями на кнопку SB1, а нажатие на кнопку SB2 изменяет значение текущего параметра, которое сразу же выводится на индикатор. Выход с сохранением установленных значений параметров — по истечении времени ожидания без нажатий на кнопки.

Нажатие на кнопку SB2 в исходном состоянии (в некоторых режимах нужна длительность нажатия до 2 с) приведёт к появлению на индикаторе надписи LOAd. Отпускание кнопки немедленно после её появления — к выводу на инди-

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

катор на 8 с ранее сохранённого в энергонезависимой памяти микроконтроллера измеренного значения, мигающего для отличия от текущего измеряемого значения. Если же при появлении надписи LOAd, удерживая кнопку SB2 нажатой, нажать на кнопку SB1, текущее измеренное значение будет записано в энергонезависимую память. Это будет подтверждено мигающей надписью SAUE на индикаторе.

Переход в спящий режим также происходит при отсутствии воздействий на кнопки в течение 8—64 мин.

Обычный частотомер

Работа прибора в этом режиме основана на подсчёте импульсов измеряемого сигнала таймером TMR0 микроконтроллера за определённый интервал времени. Отсчёт этого интервала (1 с) происходит в процедуре обработки прерывания от таймера TMR3, вызываемой с периодом 2 мс. В этой же процедуре выполняется динамическая индикация.

При частоте измеряемого сигнала менее 10 МГц выводится знак F в старшем разряде индикатора.

Низкочастотный частотомер

В режиме низкочастотного частотомера при измерении частоты до 1000 Гц фактически измеряется период сигнала, а частота вычисляется как обратная ему величина и отображается в тысячных долях герца (включена запятая в четвёртом справа разряде индикатора). Если частота выше 1000 Гц, она измеряется обычным способом. Обратное переключение происходит на частоте 900 Гц. Этот режим позволяет при малом времени измерения получить на индикаторе не менее трёх десятичных разрядов значения частоты после запятой.

Признак режима — знаки F- в двух старших разрядах индикатора. При больших значениях частоты их поочерёдно затирают ненулевые старшие разряды результата измерения.

Измерение периода

В этом режиме происходит непосредственное при периоде измеряемого сигнала более 1000 мкс измерение таймером TMR1 микроконтроллера, тактируемым счётными импульсами частотой 1 МГц от внутреннего генератора. При меньшем периоде сигнала измеряется его частота, а период вычисляется как обратное ей значение. Результат всегда выводится в микросекундах, в последнем случае — с тремя десятичными знаками после запятой.

Признак режима — знак P в старшем разряде (при прямом измерении периода) или знаки P‾ в двух старших разрядах (при измерении периода через частоту). Как и в других режимах, эти знаки затираются ненулевыми старшими разрядами результата.

Измерение длительности импульсов

Для положительных и отрицательных импульсов этот режим различается только тем, что в первом случае измеряется время от нарастающего до спадающего перепада сигнала, а во втором — от спадающего до нарастающего перепада. Измерение производится путём прямого подсчёта интервала времени между перепадами таймером TMR1 микроконтроллера, тактируемым от внутреннего генератора импульсами с периодом 0,25 мкс. При этом обеспечивается достоверное измерение длительности 3 мкс и более.

Если измеряемые импульсы короче указанного значения, то модуль захвата таймера иногда не успевает захватить в течение одного импульса оба ограничивающих его перепада и захватывает конечный перепад следующего импульса (или пропустив несколько импульсов). Сравнивая результаты измерения длительности и периода повторения импульсов, программа выявляет такую ситуацию и вычитает из измеренной длительности значение периода повторения. Результат в этом случае, естественно, менее достоверен. Если получена длительность, превышающая несколько периодов повторения импульсов, выводится сообщение о чрезмерной частоте сигнала.

Длительность импульсов менее 32768 мкс отображается с дискретностью 0,25 мкс, более длинных — 1 мкс.

Признак режима — знаки t‾ (измерение длительности положительных импульсов) или t_ (измерение длительности отрицательных импульсов) в двух старших разрядах индикатора. Если результат получен с поправкой на длительность периода повторения импульсов, то знак t мигает.

Следует отметить, что несимметричность входной части прибора, а также наличие на входе RB3/CCP1 (вывод 9) микроконтроллера триггера Шмитта приводит к большой погрешности измерения длительности импульсов с пологими перепадами. Эта погрешность уменьшается с увеличением амплитуды сигнала. Попытки измерения в любом режиме сигналов с амплитудой менее 0,1 В могут привести к показаниям, не соответствующим действительности. Впрочем, это относится и к другим подобным приборам. При заведомо стабильном входном сигнале косвенным признаком его недостаточной амплитуды могут быть значительные колебания показаний.

Если параметры входного сигнала не позволяют выполнить измерение, на индикатор прибора выводятся сообщения: Ftoo_hi — слишком высокая частота, Ptoo_biG — слишком большой период, no_SiG — нет сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Денисов А.** Цифровая шкала — частотомер на PIC16F84. — URL: **http://www.cqham.ru/digi.htm** (02.01.15).

2. **Корабельников Е.** Частотомер — цифровая шкала с динамической индикацией. — URL: **http://radiomaster.com.ua/1651-chastotomer-cifrovaya-shkala-s-dinamicheskoj.html** (02.01.15).

***От редакции.** Программа микроконтроллера имеется по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/fmeter.zip** на нашем FTP-сервере.*

Материал для каркасов предлагаемой конструкции — листовой нефольгированный стеклотекстолит (с фольгированного металлизацию надо удалить) толщиной 1,5 мм. В дело могут пойти обрезки, оставшиеся, например, при изготовлении печатных плат. Конструкция каркаса минимального типоразмера представлена на **рис. 1**. Он состоит из двух боковых стенок 1 в виде колец с восемью щелевыми отверстиями и такого же числа вклеенных в них одинаковых планок-рёбер 2. Для закрепления выводов катушек в стенках и планках предусмотрены отверстия диаметром 1,6 мм, а для крепления каркасов к кронштейну или шасси — четыре отверстия диаметром 3 мм.

Размечаем детали штангенциркулем с острозаточенными губками. Для удобства переноса центров отверстий на заготовки используем координатную сетку с шагом 1,25 мм (линейки с соответствующими делениями образуют квадрат, обрамляющий чертёж стенки 1, а чертёж планки 2 дан на фоне такой сетки). Стенки 1 аккуратно выпиливаем лобзиком с пилкой по металлу, планки 2 вырезаем обычным резаком, изготовленным из куска старого ножовочного полотна. Далее обрабатываем края деталей личным напильником, формируем надфилями выступы планок, после чего сверлим отверстия. Щелевые отверстия в стенках под выступы планок-рёбер 2 проделываем в два приёма: вначале по разметке сверлим два отверстия диаметром 1,6 мм по краям, а затем лобзиком аккуратно удаляем перемычки между ними и окончательно обрабатываем отверстия миниатюрным плоским надфилем. В завершение собираем каркас (**рис. 2**) и склеиваем детали эпоксидным клеем ЭДП. После его полимеризации (она заканчивается примерно через пять часов) на каркас можно наматывать катушку. Внешний вид одной из них на каркасе минимального типоразмера представлен на **рис. 3**.

Такие каркасы особенно хороши для катушек диапазонов НЧ и СЧ, которые необходимо наматывать литцендратом большого сечения (ЛЭШО 28×0,1; ЛЭШО 49×0,1 или двойным литцендратом с ручной перевивкой, к примеру, 3×ЛЭШО 28×0,1 или даже 7×ЛЭШО 49×0,1).

Основываясь на многолетней практике конструирования радиопередатчиков, я предлагаю использовать катушки с длиной намотки l, близкой к диаметру D, на каркасах четырёх типоразмеров, кратко обозначаемых как KPD×l (**К**аркас **Р**ебристый диаметром **D** с максимальной длиной намотки **l** — оба размера в миллиметрах): KP35×44; KP45×52; KP55×67 и KP65×77. Возможно продолжение ряда в сторону увеличения размеров для диапазона НЧ (137 кГц) с сохранением предлагаемых соотношений D и l. Изготавливать их, наверное, придётся из стеклотекстолита толщиной 2 мм, а ширину планок 2 увеличить до 7,5 мм и более.

Индуктивность однослойной катушки в микрогенри с погрешностью, не

Самодельные ребристые каркасы для катушек передатчика

С. КОМАРОВ, г. Москва

При конструировании радиопередатчиков известную сложность представляет изготовление катушек выходной колебательной системы. В диапазонах НЧ, СЧ и ВЧ необходимо реализовать высокодобротные катушки индуктивностью в десятки и сотни микрогенри при уровнях мощности в десятки и сотни ватт. Предлагаемая конструкция каркасов позволяет в домашних условиях изготовить высококачественные катушки, в которых количество материала в магнитном поле минимально, что удовлетворяет требованиям получения высокой добротности: катушки получаются почти "воздушные".

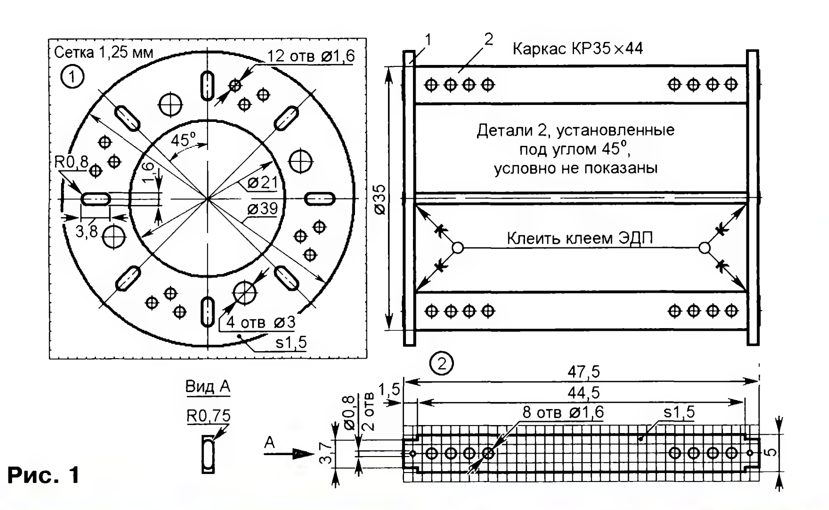


Рис. 1

Рис. 2

превышающей 5 %, можно рассчитать по известной формуле

$L = 0{,}001Dn^2/(l/D + 0{,}44)$,

где n — число витков; D и l — размеры в миллиметрах.

В каркасах КР45×52, КР55×67 и КР65×77 планки 2 асимметричны относительно оси отверстий диаметром 1,6 мм, поэтому при сборке их можно установить, повернув вокруг этой оси на 180°, тем самым увеличить диаметр намотки на 2,5 мм, т. е. до 47,5; 57,5 и 67,5 мм соответственно. Это может пригодиться при точной подгонке индуктивности в тех же габаритах катушки. Кроме того, в каркасах двух последних типоразмеров число планок-рёбер увеличено соответственно до 10 и 12.

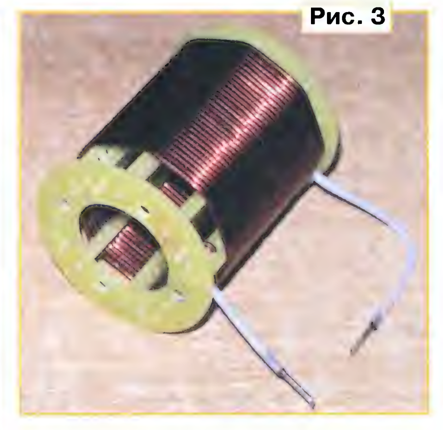


Рис. 3

Впрочем, если лень работать резаком и напильниками, эти чертежи можно отдать на любую фирму по изготовлению печатных плат, и вы получите необходимые для сборки каркаса детали, ровно и точно выпиленные в листе стеклотекстолита (**рис. 4**). Останется выломать их из него, сточить остатки технологических отростков напильником и склеить каркас.

Рис. 4

***От редакции**. Чертежи деталей каркасов типоразмеров КР45×52; КР55×67 и КР65×77 в авторском исполнении есть по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/karkas.zip** на нашем FTP-сервере.*

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Бесконтактное зарядное устройство

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Сегодня появился новый способ зарядки мобильных устройств — бесконтактный. Его суть заключается в том, что заряжаемое устройство не имеет непосредственного электрического контакта с зарядным устройством. Такой способ применяют для зарядки мобильных телефонов, смартфонов и пр. Автор предлагает свой вариант бесконтактного зарядного устройства для зарядки аккумуляторов светодиодного фонаря.

При частом пользовании каким-либо устройством со сменными элементами питания, например, карманным фонарём, возникает потребность в частой замене гальванических элементов питания или периодической зарядке, если применены аккумуляторы. Для зарядки аккумуляторов приходится вынимать их из корпуса фонаря, что не всегда удобно. В тоже время сейчас всё большее распространение получает технология так называемой бесконтактной зарядки. Принцип работы большинства таких зарядных устройств (ЗУ) основан на индуктивной связи между источником и потребителем энергии. По такому же принципу работает и предлагаемое вниманию читателей ЗУ для карманного фонаря.

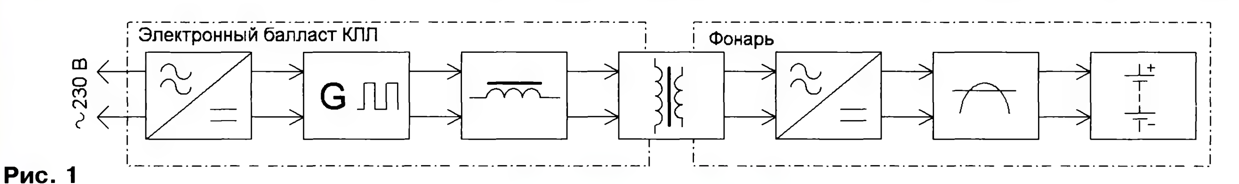


Рис. 1

Рис. 2

Основа предлагаемого ЗУ — электронный балласт от компактной люминесцентной лампы (КЛЛ). Как известно, электронный балласт КЛЛ представляет собой импульсный генератор, работающий на частоте несколько десятков килогерц. Благодаря такой частоте все элементы устройства имеют небольшие размеры, в том числе трансформаторы и балластные дроссели. Именно балластный дроссель является элементом, который ограничивает ток через люминесцентную лампу. И в этом смысле он выполняет ту же функцию, что и балластный конденсатор в простейших зарядных устройствах — ограничивает (задаёт) ток зарядки.

Структурная схема ЗУ показана на **рис. 1**. От КЛЛ использован собственно электронный балласт, который содержит выпрямитель со сглаживающим конденсатором, импульсный генератор и балластный дроссель, последовательно с которым включена не люминесцентная лампа, а разделительный трансформатор. Этот трансформатор служит связующим элементом между зарядным устройством и аккумуляторной батареей фонаря. Поскольку он включён последовательно с балластным дросселем, ток через него будет ограничен, и он частично работает как трансформатор тока, поэтому замыкание в цепи его вторичной обмотки не приведёт к катастрофическим последствиям. Первичная обмотка трансформатора размещена в корпусе ЗУ, вторичная — в фонаре. Через первичную обмотку трансформатора протекает ток, который зависит в основном от индуктивности балластного дросселя и напряжения сети, поэтому остаётся относительно стабильным.

В фонаре на вторичной обмотке трансформатора возникает переменное напряжение, которое выпрямляется и через ограничитель напряжения поступает на аккумуляторную батарею фонаря. Поскольку ток в первичной обмотке трансформатора ограничен, то он будет ограничен и во вторичной. Изменяя параметры трансформатора тока, можно задать требуемые напряжение и ток зарядки батареи. Когда напряжение батареи достигнет максимального значения, включится ограничитель. Напряжение на батарее перестанет расти, а "лишний" ток потечёт через ограничитель.

Схема электронного балласта КЛЛ и его доработка показаны на **рис. 2**. Все вновь вводимые элементы и соединения выделены цветом. Была использована КЛЛ мощностью 18...20 Вт. После вскрытия её корпуса с платы снимают проволочные выводы (4 шт.) люминесцентной лампы, которые обычно намотаны на металлические штыри. Затем отсоединяют провода, соединяющие плату с цоколем лампы. Плату размещают в пластмассовом корпусе подходящего размера с крышкой. Корпус должен быть достаточно просторный, чтобы, кроме платы, поместить дополнительные элементы. В авторском варианте была применена цилиндрическая коробка диаметром 65 и высотой 28 мм от канцелярских скрепок (**рис. 3**). Последовательно со штатным балластным дросселем L2 взамен люминесцентной лампы включают ещё один бал-

Рис. 3

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ластный дроссель L3 от аналогичной КЛЛ и первичную обмотку T2.1 разделительного трансформатора. Для индикации работы импульсного генератора к его выходу через токоограничивающие резисторы R10 и R11 подключена неоновая индикаторная лампа HL1. Весь монтаж проводят навесным методом, для индикаторной лампы в корпусе сделано отверстие соответствующего диаметра.

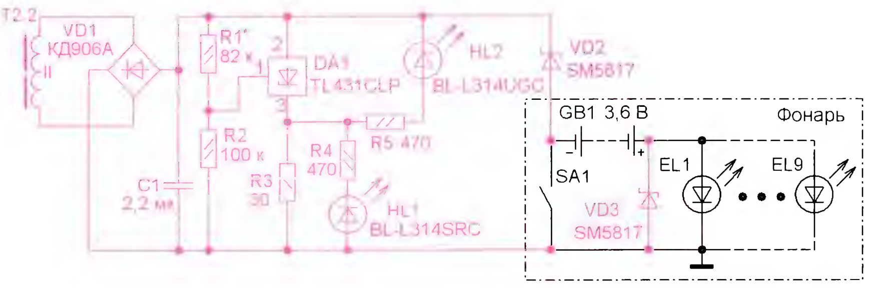


Рис. 4

Для доработки был выбран светодиодный фонарь с диаметром корпуса 24 и длиной 82 мм. В нём применены девять светодиодов и батарея из трёх аккумуляторов типоразмера AAA. Кнопочный выключатель питания расположен в отвинчивающейся крышке батарейного отсека. С корпусом фонаря соединены катоды светодиодов. Схема доработки фонаря показана на **рис. 4**, все новые элементы и связи показаны красным цветом. Переменное напряжение с обмотки T2.2 разделительного трансформатора выпрямляет диодный мост VD1, пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор C1. Через диоды VD2 и VD3 ток зарядки поступает в аккумуляторную батарею. Диод VD2 предотвращает разрядку батареи в дежурном режиме, а диод VD3, подключённый параллельно-встречно светодиодам, пропускает зарядный ток. На микросхеме DA1 (параллельный стабилизатор напряжения) собран ограничитель напряжения, светодиоды HL1, HL2 индицируют режимы зарядки батареи.

В начале зарядки, когда напряжение аккумуляторной батареи меньше номинального, напряжение на управляющем входе (вывод 1) микросхемы DA1 меньше порогового. Поэтому ток через микросхему мал, и практически всё выпрямленное напряжение поступает на цепь из токоограничивающего резистора R5 и светодиода HL2 (зелёного цвета свечения), который и сигнализирует о том, что происходит зарядка аккумуляторной батареи.

Когда напряжение батареи достигнет порогового значения, ток через микросхему возрастёт и падение напряжения на ней уменьшится примерно до 2 В. Зарядный ток станет протекать через резистор R3 и микросхему DA1, поэтому зарядка аккумуляторной батареи постепенно прекратится. При этом светодиод HL2 погаснет, а HL1 (красного цвета свечения) начнёт светить, сигнализируя об окончании зарядки.

Конструкцию устройства поясняет **рис. 5**. В крышке 3 батарейного отсека размещён кнопочный выключатель 5 (SA1 на рис. 4). Один вывод 4 выключателя 5 механически соединён с металлическим корпусом крышки 3, второй — с пружинным контактом 6. Выключатель механически зафиксирован в крышке с помощью изоляционной пластмассовой прокладки 7. С другой стороны для защиты от внешних климатических воздействий на выключатель надета резиновая прокладка 8.

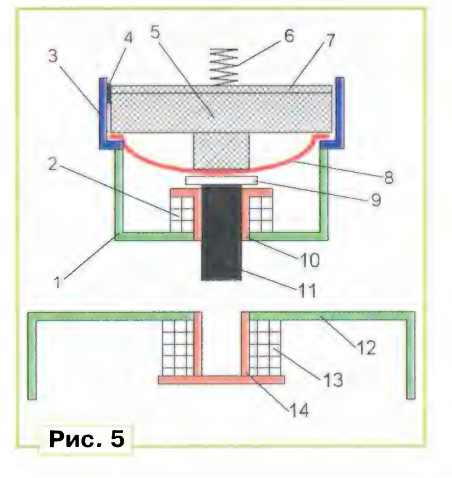


Рис. 5

Рис. 6

Доработка сводится к следующему. К крышке 3 приклеен пластмассовый кожух 1. В центре кожуха сделано отверстие, в котором с помощью клея закреплён каркас 10. На него намотана вторичная обмотка 2 (T2.2) разделительного трансформатора. Функцию толкателя выключателя выполняет цилиндрический магнитопровод 11. Чтобы он не выпадал из каркаса 10, к нему приклеена пластмассовая шайба 9. В отверстие в центре верхней крышки 12 корпуса электронного балласта вклеен пластмассовый каркас 14, на который намотана обмотка 13 (T2.1) трансформатора.

Внутренний диаметр каркаса для намотки катушек трансформатора выбирают таким, чтобы в него с небольшим люфтом входил магнитопровод 11. В авторском варианте применён магнитопровод диаметром 6 и длиной 15 мм от дросселя компьютерного блока питания. Высота каркаса 14 — 8...9 мм, каркаса 10 — 6...7 мм, их толщина — 0,5...0,7 мм. Обмотка T2.1 содержит 350 витков провода ПЭВ-2 0,18, обмотка T2.2 — 180 витков провода ПЭВ-2 0,1. Диаметр шайбы 9 — 10...12 мм, толщина — 0,5...1,5 мм, последнюю подбирают так, чтобы магнитопровод 11 "не болтался". Диаметр кожуха (пластмассовый контейнер от лекарства) — 21 мм, его высота — 11 мм. Доработанный фонарь показан на **рис. 6**.

При пользовании фонарём магнитопровод выполняет функцию толкателя выключателя. Но если фонарь выключить, электронный балласт включить в сеть и вставить магнитопровод в каркас 14 (см. рис. 5), между обмотками T2.1 и T2.2 возникнет индуктивная связь, на обмотке T2.2 появится напряжение и начнётся зарядка аккумуляторной батареи (**рис. 7**).

В устройстве применены малогабаритные постоянные выводные резисторы Р1-4 или импортные, светодиоды — любые с диаметром корпуса 3 мм красного и зелёного цветов свечения. Конденсатор C1 — К10-17в, он установлен на выводах диодного моста VD1.

Налаживание начинают с подборки числа витков обмотки T2.2. Для этого наматывают указанное число витков этой обмотки и подключают к ней диодный мост с конденсатором фильтра. Вставляют магнитопровод в каркас обмотки T2.1 и надевают на него обмотку T2.2. К выходу диодного моста (см. рис. 4) подключают переменный резистор сопротивлением 470 Ом. Изменяя его сопротивление, контролируют ток через него и напряжение на нём. Необходимо, чтобы при требуемом зарядном токе напряжение было 4,8...5 В (напряжение заряженной аккумуляторной батареи — 4,3...4,4 В плюс падение напряжения на диодах VD2 и VD3). При большем напряжении увеличится ток зарядки. Поскольку в фонаре планировалось применить три аккумулятора ёмкостью 300...600 мА·ч, был выбран ток зарядки около 40 мА. По

тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

результатам измерений принимают решение о необходимости добавить или удалить витки обмотки T2.2. После подборки числа витков обмотку надо защитить, покрыв слоем лака или клея. Следует отметить, что их число может заметно отличаться от указанного выше, поскольку это зависит от размеров и свойств магнитопровода. Для увеличения тока зарядки необходимо либо увеличить число витков первичной обмотки трансформатора тока, либо увеличить ток через неё, уменьшив индуктивность дросселей L2 и L3 в электронном балласте.

Затем на макетной плате монтируют все остальные элементы устройства, в батарейный отсек устанавливают свежезаряженные аккумуляторы, выводы 1 и 2 микросхемы DA1 временно замыкают. Вставляют магнитопровод в каркас обмотки T2.1, надевают на него обмотку T2.2 и измеряют напряжение ($U_{выпр}$) на выходе выпрямителя (см. рис. 4). Затем взамен батареи подключают переменный резистор сопротивлением 470 Ом и, изменяя его сопротивление, устанавливают на выходе выпрямителя такое же напряжение ($U_{выпр}$). Резистор R1 (см. рис. 4) подбирают так, чтобы при увеличении этого напряжения (его изменяют переменным резистором) на несколько десятков милливольт светодиод HL2 выключался, а HL1 — включался. В случае необходимости подбирают резистор R3. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при отключении переменного резистора напряжение на выходе выпрямителя не превысило $U_{выпр}$ и светился светодиод HL1. Следует учесть, что максимально допустимый ток микросхемы TL431CLP — 100 мА, поэтому ток зарядки не должен превышать 60...70 мА.

Рис. 7

Доработку фонаря начинают с установки диода VD3. Для этого надо вынуть батарейный отсек, аккуратно удалить защитное стекло и изнутри выдавить плату со светодиодами. На плату между выводами светодиодов устанавливают диод VD3. После проверки правильности монтажа сборку проводят в обратном порядке и проверяют работоспособность фонаря. Все остальные элементы будут размещены в кожухе на крышке батарейного отсека.

В резиновой прокладке 8 (см. рис. 5) прокалывают два отверстия, в которые вставляют провода в надёжной изоляции, например МГТФ, и припаивают их к выводам выключателя. При этом, возможно, потребуется извлечь выключатель из крышки 3 (см. рис. 5). Затем размещают элементы и закрепляют их термоклеем в кожухе 1 и соединяют проводами. Для установки светодиодов в кожухе делают два отверстия диаметром 3 мм.

Предложенное зарядное устройство можно применить для зарядки встроенных в самые различные устройства аккумуляторов или аккумуляторных батарей. В зависимости от конструкции такого устройства магнитопровод можно установить в каркасе обмотки T2.1, а на него надевать катушку T2.2, а также более кардинально изменить конструкцию трансформатора.

Источник питания светодиодной лампы мощностью 8 Вт на HV9961

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.;
Д. ГОЛУБИН, г. Клин Московской обл.

Авторы предлагают блок питания мощностью 8 Вт, собранный на микросхеме HV9961, для питания светодиодного светильника.

В наше время в литературе и Интернете приведено немало описаний различных по сложности и функциональности блоков питания для светодиодных источников света, часто называемых LED-драйверами. Это источники питания, как правило, импульсные, со стабилизацией выходного тока или напряжения. Блок питания, предлагаемый в этой статье, — вариант одного из недорогих, серийно выпускаемых отечественным производителем источников света. Он отличается простотой, что делает его доступным для повторения даже начинающими радиолюбителями и при этом имеет неплохие параметры.

Основные технические характеристики

Входное переменное напряжение, В ....120...250
Выходной ток, мА 65
Стабильность выходного тока во всём интервале напряжения питающей сети, не более, % 2
Максимальное выходное напряжение, В 110
Коэффициент пульсаций светового потока, не более, % 1,5

Источник питания представляет собой понижающий преобразователь (buck-convertor) под управлением широкораспространённой специализированной микросхемы-регулятора тока HV9961. Схема устройства представлена на **рис. 1**. Малое число внешних элементов и довольно высокая точность регулирования тока нагрузки сделали эту микросхему распространённым решением для различных LED-драйверов.

Ток нагрузки регулируется изменением среднего значения тока коммутирующего транзистора VT1. Измеряя падение напряжения на резисторе R2, микросхема DA1 корректирует время (длительность) открытого состояния транзистора VT1 и так поддерживает выходной ток на заданном уровне. При этом время закрытого состояния, заданное резистором R1, всегда постоянно.

Резистор R2, по сути, — датчик тока через светодиоды. Его сопротивление рассчитывают по формуле

$$R2 = \frac{0{,}275}{I_{LED}},$$

где I_{LED} — требуемый ток светодиодов.

Время выключенного t_{off} (мкс) состояния транзистора вычисляют по формуле

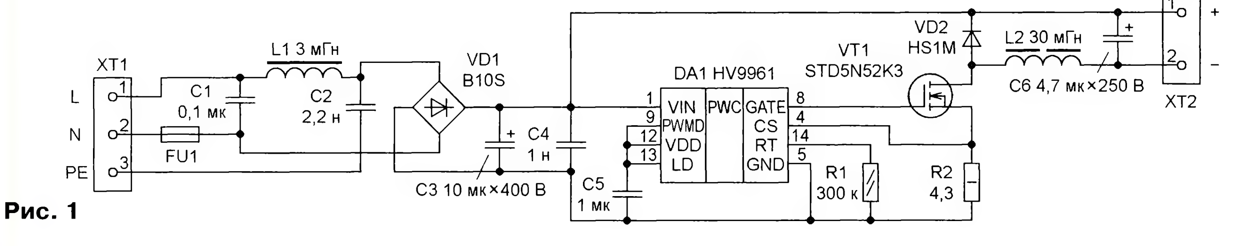


Рис. 1

$$t_{off} = \frac{R1}{25} + 0{,}3,$$

где сопротивление резистора R1 — в килоомах.

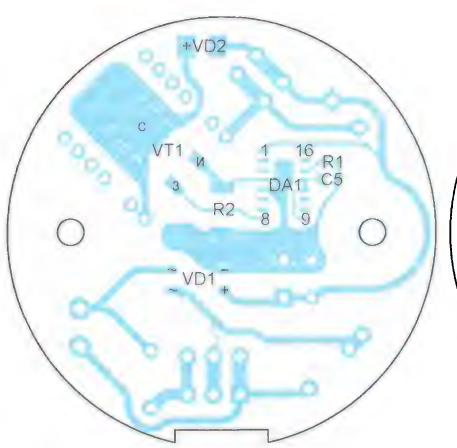
Сопротивление резистора желательно выбрать в интервале от 100 кОм до 1 МОм, хотя в [1] допускается более широкий интервал — от 30 кОм. Слишком малое время закрытого состояния может привести к перегреву транзистора VT1.

Индуктивность дросселя L2 довольно точно можно оценить из соотношения

$$L2 = \frac{(U_{вх\ макс} - U_{вых}) \cdot t_{off}}{I_{LED}},$$

где индуктивность получается в генри, если напряжение подставлять в формулу в вольтах, ток — в амперах, время — в секундах.

При расчёте блока питания на другие выходной ток и мощность индуктивность дросселя, возможно, придётся подкорректировать подбором вручную, добиваясь стабильной работы устройства при разных входных напряжениях. И нельзя забывать, что для дросселя L2 необходим немагнитный зазор. Рассчитать зазор можно, например, по методике [2] или [3].



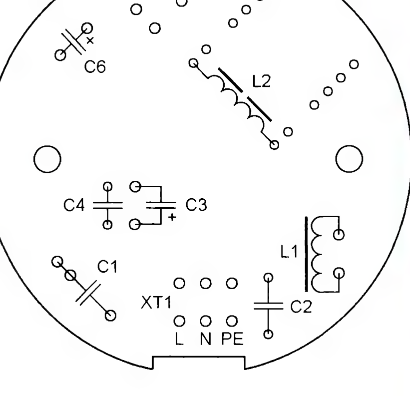


Рис. 3

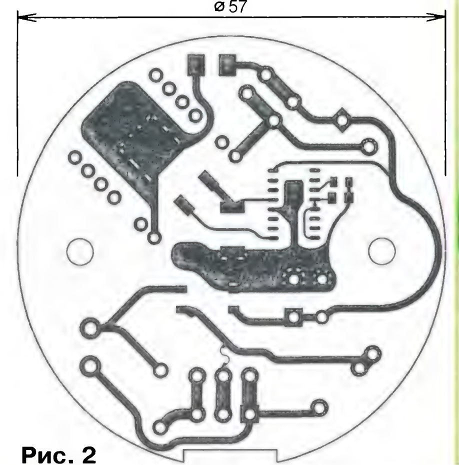


Рис. 2

Рис. 4

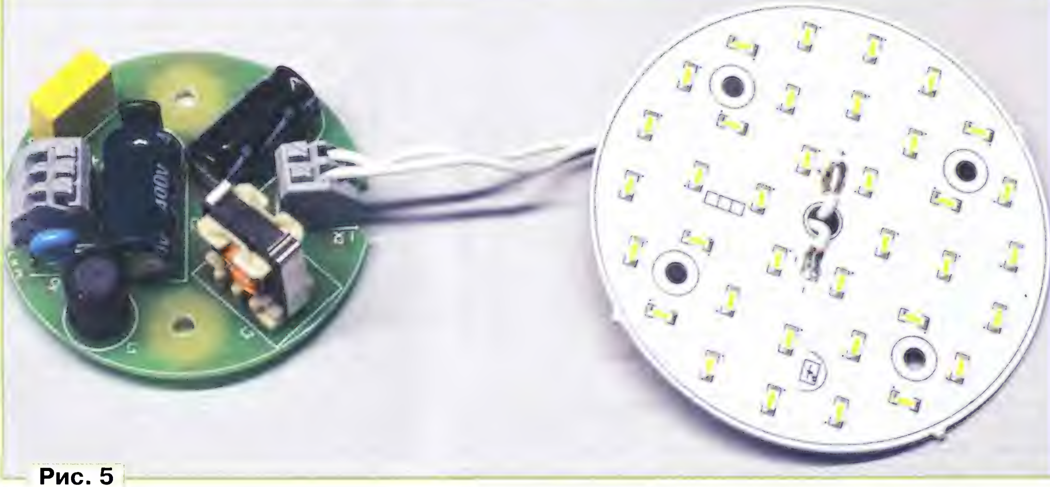


Рис. 5

Для этой конструкции дроссель L2 был намотан на стандартном каркасе для магнитопровода Е 16/8/5 фирмы Epcos из материала N87, немагнитный зазор — 0,5 мм (суммарный зазор магнитопровода). Обмотка содержит 700 витков провода диаметром 0,15 мм.

Источник питания собран на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж показан на **рис. 2**, а расположение деталей — на **рис. 3**. Со стороны печатных проводников размещены микросхема DA1, транзистор VT1, диодный мост VD1, диод VD2, конденсатор C5 и резисторы R1, R2. В устройстве применены импортные конденсаторы, C1 и C4 — на переменное напряжение 250 В. Их допустимо заменить конденсаторами К73-17 на номинальное напряжение 630 В (C1) и 400 В (C4). Номинальное напряжение конденсатора C2 должно быть не менее 1,5 кВ. Этому условию удовлетворяют, например, конденсаторы К15-5. Диод VD2 — HS1M либо аналогичный быстродействующий в корпусе SMA (DO-241AC) с обратным напряжением не менее 400 В и током 1 А. Транзистор STD5N52K3 в корпусе D-PAK можно заменить любым n-канальным MOSFET с напряжением сток—исток 500 В, сопротивлением канала 1...2 Ом и допустимым током канала не менее 1 А. Дроссель L1 — RLB1314-302KL, разъёмы XT1, XT2 — винтовые клеммники, соответственно трёх- и двухконтактные для монтажа на плату. Фотография смонтированной печатной платы со стороны печатных проводников показана на **рис. 4**. Плата светодиодов выполнена на алюминиевой основе для лучшего теплоотвода. На ней установлены 36 последовательно соединённых и равномерно расположенных светодиодов NESL157BT sw30 фирмы Nichia (**рис. 5**).

ЛИТЕРАТУРА

1. LED Driver with Average-Mode Constant Current Control. — URL: **http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/637222/SUTEX/HV9961.html** (21.02.15).

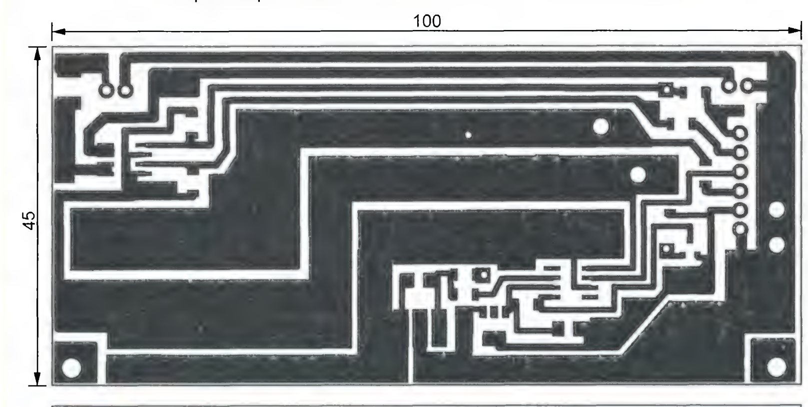
2. **Кузнецов А.** Трансформаторы и дроссели для ИИП. Rev 2. — URL: **http://www.servotechnica.spb.ru/library/BOOKS/$D2$F0$E0$ED$F1$F4EEF0ECE0$F2$EE$F0$FB** (21.02.15).

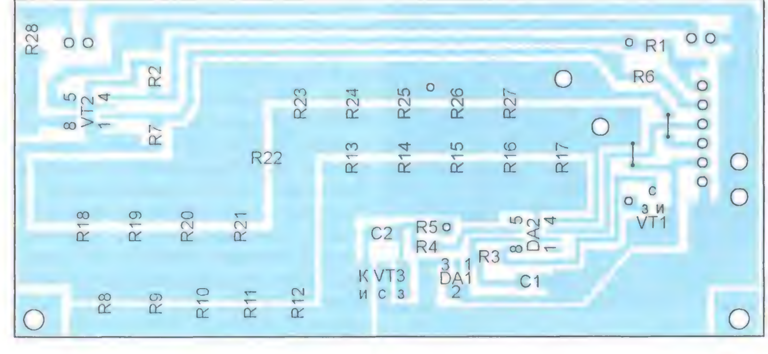
3. **Браун М.** Источники питания. Расчёт и конструирование. Пер. канд. техн. наук С. Л. Попов. — Киев, МК-Пресс, 2007.

Автоматическое зарядное устройство

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Чертёж печатной платы блока А3 и расположение элементов на ней изображены на **рис. 10**. Транзистор A3.VT3 находится на игольчатом теплоотводе размерами 100×100 мм. Площадь его теплоотводящей поверхности около 400 см^2. Расположен он рядом с платой в потоке воздуха, втягиваемом вентилятором 2. Резисторы A3.R8—A3.R17 — типоразмера 2515 для поверхностного монтажа, остальные — аналогичные типоразмера 1206.





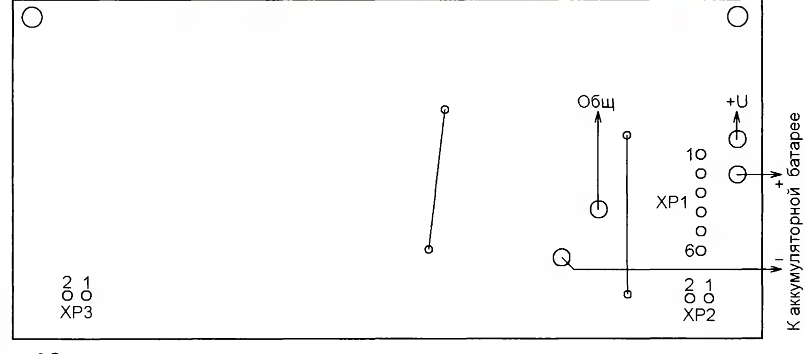


Рис. 10

Зарядное устройство собрано в стандартном корпусе Gainta G717. Его общий вид показан на **рис. 11**. В передней панели корпуса сделаны отверстия для экрана ЖКИ A2.HG1 и толкателей кнопок A2.SB1—A2.SB4. Там же установлены зажимы для подключения аккумуляторной батареи и разъём для выносного датчика температуры этой батареи. Размещение узлов и блоков внутри корпуса видно на **рис. 12**. Сетевой разъём и держатель плавкой вставки FU1 находятся в центре задней стенки корпуса зарядного устройства. Справа от них (по рис. 12) установлен вентилятор 1, а слева — вентилятор 2. Их тип — EC6010H12B.

Окончание. Начало см. в "Радио", 2015, № 4

Включение и налаживание. Собирая блок A1, место для установки терморезистора A1.RK1 на его плате следует оставить свободным. После сборки и проверки монтажа присоедините кабельную розетку A2.XS2 к вилке A1.XP1. Затем подключите блок A1 к сети и проверьте напряжение на выводе 1 интегрального стабилизатора A1.DA2 (+8...11 В) и на его выводе 3 (+5 В ±10 %). Если напряжения в норме, то разъём A2.XP1 подключите к программатору и загрузите коды из приложенного к статье файла Zar_XMEGA-512.hex в микроконтроллер A2.DD1. Конфигурацию микроконтроллера установите в соответствии с **табл. 1**.

После программирования на экране ЖКИ должно появиться меню выбора типа заряжаемой аккумуляторной батареи. Нужный пункт меню выделяют нажатиями на кнопку A2.SB3 "+" или A2.SB2 "–". Нажав на кнопку A2.SB4 "OK", выбирают выделенный пункт.

Таблица 1

Разряды	Сост.	Значение
BODACT[1:0]	11	BOD disabled
BODPD[1:0]	11	
BOOTRST	1	Applic. reset
WDPER[3:0]	0000	8 мс при 3,3 В
WDWPER[3:0]	0000	8 мс при 3,3 В
BODLEVEL[2:0]	1111	1,6 В
JTAGUID{7:0]	Любое состояние	
SUT[1:0]	11	0 мс
JTAGEN	1	Не запрогр.
DVSDON	1	Не запрогр.
EESAVE	0	Запрогр.
RSTDISBL	1	Не запрогр.
WDLOCK	1	Не запрогр.

Далее проверьте работу основного источника питания. Для этого зарядное устройство отключите от сети, вместо терморезистора A1.RK1 подключите лампу накаливания на 230 В мощностью 40...60 Вт. Нагрузку к выходу источника не подключайте. При включении зарядного устройства в сеть лампа должна вспыхнуть и погаснуть. Постоянное свечение лампы свидетельствует об ошибках монтажа или имеющихся в устройстве неисправных элементах.

Если проверка прошла успешно, то отключите зарядное устройство от сети, установите терморезистор A1.RK1 на своё место, отключив лампу накаливания, и проверьте работу основного источника под нагрузкой.

Для этого к выходным зажимам зарядного устройства подключите, например, автомобильную лампу накаливания на 12 В, 20 Вт. Затем зарядное устройство включите в сеть и переведите в режим источника питания. После выбора этого режима источник должен включиться, и на его выходе появиться начальное напряжение 5 В.

Точная установка выходного напряжения занимает значительное (до 1...2 с) время, что обусловлено наличием в выходной цепи источника конденсаторов большой ёмкости. Пока напряжение не соответствует заданному, его значение выводится на индикатор шрифтом размерами 8×8 пкс (**рис. 13**,а). Размеры шрифта увеличиваются до 16×16 пкс (рис. 13,б) после того, как программа стабилизации установит заданное значение напряжения с точностью ±0,1 В.

Нажимая на кнопку A2.SB3 "+" или A2.SB2 "–", проверьте изменение выходного напряжения в пределах от 5 до 14 В. Но если нагрузкой служит автомобильная лампа, поднимать напряжение

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-88-18

выше 12,5 В не следует, лампа может сгореть.

Далее проверьте и при необходимости скорректируйте погрешность измерения напряжения с помощью АЦП микроконтроллера. Согласно схеме блока A2 (см. рис. 6), измеряемое напряжение поступает на АЦП через резистивный делитель A2.R5, A2.R6. Коэффициент передачи напряжения этим делителем равен

$$K_u = \frac{A2.R6}{A2.R5 + A2.R6},$$

поэтому при измерении напряжения $U_{изм}$ напряжение на входе АЦП будет равно

$$U_{АЦП} = \frac{U_{изм}}{K_u}.$$

Сопротивление резисторов A2.R5 и A2.R6, как и других, применённых в устройстве, может отклоняться от номинала на ±5 %. Чтобы скомпенсировать это отклонение, программа умножает результат работы АЦП на константу Ku, значение которой задают с учётом фактических значений сопротивления резисторов. В авторском варианте оно равно 19,272.

Рис. 12

Рис. 11

Для проверки измерьте образцовым вольтметром точное значение выходного напряжения после того, как оно будет установлено системой стабилизации (отображено крупным шрифтом), и сравните его с выведенным на экран ЖКИ. Следует заметить, что выходное напряжение источника постоянно меняется в интервале примерно ±0,05 В, поэтому следует брать его усреднённое значение. Если разница показаний вольтметра и ЖКИ превышает 0,1 В, необходимо изменить соответствующим образом значение константы в строке программы

```
Const Ku=19.272
```

и, повторно транслировав программу, загрузить её новый вариант в микроконтроллер.

Алгоритм зарядки свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Свинцово-кислотные аккумуляторы имеют весьма существенный температурный коэффициент напряжения. Он равен примерно –4 мВ/°С на один аккумулятор (элемент аккумуляторной батареи). Для батареи из шести последовательно соединённых аккумуляторов (общее напряжение — около 12 В), этот коэффициент равен –24 мВ/°С.

Следовательно, напряжение на выводах такой батареи существенно зависит от её температуры — на каждые 10 °С температуры напряжение на выводах батареи изменяется на 0,24 В. При охлаждении батареи оно увеличивается, а при нагревании — уменьшается.

Этим объясняется наблюдаемый многими автолюбителями эффект хронической недозарядки аккумуляторной батареи в зимнее время в ходе её эксплуатации на автомобиле, особенно при непродолжительных поездках. Причина в том, что регулятор напряжения генератора современного автомобиля обычно установлен на корпусе генератора, который быстро нагревается после пуска двигателя, а аккумуляторная батарея располагается вдали от источников тепла и, вдобавок, довольно массивна, поэтому прогревается очень медленно. В результате напряжение генератора оказывается недостаточным для создания требуемого тока зарядки батареи.

9.5 а) 9.5 б)

Рис. 13

Для полноценной зарядки аккумуляторной батареи зарядное устройство (а автоматическое — особенно) должно отслеживать её температуру, так как в процессе зарядки батарея нагревается. В описываемом устройстве температура батареи контролируется на всех этапах зарядки, для чего в нём имеется датчик температуры. По результатам измерения температуры автоматически производится необходимая коррекция режима зарядки. Впрочем, зарядное устройство может работать и без подключения датчика температуры. В этом случае температура батареи считается постоянной и равной 20 °С. Качество зарядки в этом случае не гарантируется.

В начале работы программа предлагает подключить аккумуляторную батарею к зажимам зарядного устройства, установить на её корпусе датчик температуры и ввести значение ёмкости батареи, кратное 5 А·ч. После этого измеряется температура батареи. Если она не лежит в интервале –15...+40 °С, то зарядку производить нельзя, программа останавливается.

Если измеренная температура находится в допустимых пределах, то программа анализирует состояние батареи, измерив два её параметра: ЭДС и внутреннее сопротивление. Значение ЭДС батареи свидетельствует о степени её заряженности, как показано в **табл. 2** [2]. Внутреннее сопротивление батареи существенно зависит как от степени заряженности, так и от степени

Таблица 2

ЭДС, В	Заряженность, %
12,7	100
12,4	75
12,2	50
12,0	25
11,9	0

сульфатации её пластин. Чем ниже заряженность и чем больше сульфатация, тем больше внутреннее сопротивление.

Если замерить ЭДС батареи несложно, то измерение её внутреннего сопротивления — непростая задача. Дело в том, что оно весьма мало — около 0,007 Ом у исправной полностью заряженной батареи ёмкостью 50...60 А·ч [2]. Закона, по которому изменяется внутреннее сопротивление батареи в зависимости от её состояния, автору обнаружить в литературе не удалось, поэтому пришлось вывести приближённую зависимость самостоятельно.

В [3] отмечено, что при нагрузке автомобильной аккумуляторной батареи стартёрным током напряжение на её выводах не должно падать ниже 9,5 В. Следовательно, предельное значение падения напряжения на внутреннем сопротивлении равно 12,7–9,5 = 3,2 В, в противном случае состояние батареи должно быть оценено как неудовлетворительное.

Значение стартёрного тока для батареи ёмкостью 50...60 А·ч лежит в пределах 140...160 А (в среднем 150 А). Исходя из этого, можно считать, что максимально допустимое внутреннее сопротивление такой батареи $R_{i\,max}$ = 3,2 В/150 А = 0,021 Ом.

Исходя из собственного предположения, что внутреннее сопротивление зависит от состояния аккумуляторной батареи линейно, автор реализовал в программе его оценку по **табл. 3**. Программа находит разность между ЭДС батареи и напряжением на её зажимах при нагрузке током 10 А и на основании этого рассчитывает значение внутреннего сопротивления.

Таблица 3

Состояние батареи	R_i, Ом
Отличное	<0,007
Хорошее	0,008....0,013
Удовлетворительное	0,014...0,02
Неудовлетворительное	>0,02

Следует отметить, что внутреннее сопротивление батареи измеряется прибором весьма приблизительно ввиду малости измеряемых величин и существенного влияния на результат сопротивления подводящих проводов и особенно контактов. Доверять выводам программы о состоянии батареи можно при её ёмкости не более 60 А·ч. У батарей большей ёмкости внутреннее сопротивление ниже, и результаты его измерения уходят за черту достоверности.

Проанализировав степень заряженности и состояние аккумуляторной батареи, программа предлагает зарядить её в оптимальном (по её мнению) режиме. Но это предложение — не догма. Имеется возможность выбрать режим по своему усмотрению.

Всего предусмотрено четыре режима зарядки:

— нормальный;

— асимметричным током 1;

— асимметричным током 2;

— контрольно-тренировочный циклический.

В нормальном режиме на первом этапе батарея заряжается стабильным током 0,1·С. Поскольку по мере зарядки её ЭДС растёт, для поддержания зарядного тока неизменным программа постепенно увеличивает напряжение, подаваемое на выводы батареи. Этот этап продолжается до тех пор, пока зарядное напряжение не увеличится до 14,4 В.

После этого начинается второй этап — зарядка батареи при неизменном, равном 14,4 В, зарядном напряжении. Теперь зарядный ток постепенно падает. Критерий завершения зарядки — уменьшение зарядного тока до 0,01·С либо (как альтернатива) постоянство его значения в течение часа.

Зарядка асимметричным током состоит из таких же этапов. Различие в том, что на первом этапе зарядка чередуется с разрядкой (отсюда название — "асимметричный ток"). Это позволяет устранить сульфатацию пластин аккумуляторов.

Разница между двумя режимами асимметричного тока состоит лишь в том, что доля времени разрядки в общей продолжительности первого этапа различна. Она составляет 25 % в режиме асимметричного тока 1 и 33 % в режиме асимметричного тока 2. Режим асимметричного тока 2 следует использовать при сильной сульфатации пластин аккумулятора.

Контрольно-тренировочная циклическая зарядка-разрядка применяется для восстановления батарей, находящихся в плохом состоянии (частичная потеря ёмкости, существенная сульфатация пластин и, как следствие, высокое внутреннее сопротивление). Зарядить такие батареи в ранее рассмотренных режимах, как правило, невозможно. Суть тренировки состоит в неоднократном повторении циклов "зарядка — полная разрядка" аккумуляторной батареи. Она позволяет частично восстановить её свойства [2].

Батарею заряжают током 0,05·С ввиду того, что зарядка малым током благоприятна для восстановления её свойств. Зарядка производится асимметричным током, только параметры его иные: 5 мин — зарядка, 1 мин — разрядка. Отображение текущей операции на индикаторе такое же, как в режиме асимметричного тока.

После того как зарядное напряжение поднимется до 14,4 В, устройство переключается в режим разрядки батареи до напряжения 11,9 В тем же током (0,05·С). При этом программа фиксирует отданное АКБ количество электричества и по окончании разрядки подсчитывает её ёмкость в выполненном цикле.

Начиная со второго цикла, программа вычисляет прирост ёмкости по сравнению с предыдущим циклом. Если он более 5 %, принимается решение о выполнении следующего цикла. Но если прирост ёмкости менее 5 % (батарея восстанавливается слишком медленно), дальнейшие действия зависят от абсолютного значения достигнутой ёмкости:

— если она более 80 % номинальной, программа считает батарею восстановленной, прекращает контрольно-тренировочный цикл и выполняет полную зарядку батареи в режиме асимметричного тока 2;

— если она не превышает 30 % номинальной, программа считает такую батарею неисправной и прекращает работу;

— если она находится в интервале 30...80 % номинальной, программа сообщает, что тренировка малоэффективна и предлагает пользователю принять окончательное решение: либо считать батарею неисправной, либо зарядить её и использовать с достигнутой ёмкостью. В последнем случае окончательная зарядка будет также выполнена в режиме асимметричного тока 2.

Столь сложная логика принятия решения продиктована тем, что тренировка — очень длительный процесс. Одно повторение цикла может длиться более суток. Поэтому в сложных случаях окончательное решение целесообразно принимать человеку.

Алгоритм зарядки никель-кадмиевых аккумуляторных батарей. Из многообразия методов зарядки таких батарей выбран скоростной метод [1], обеспечивающий быструю, менее чем за час, зарядку. Алгоритм построен на основе анализа зарядной кривой никель-кадмиевой батареи, показанной на **рис. 14**. Из неё следует, что по достижении полной заряженности ЭДС батареи (Е) начинает уменьшаться, а температура батареи (Т) — быстро растёт. В этот момент зарядка должна быть прекращена, в противном случае начнётся "тепловой разгон" батареи, так как она больше не принимает заряд, а энергия зарядного тока полностью превращается в тепло.

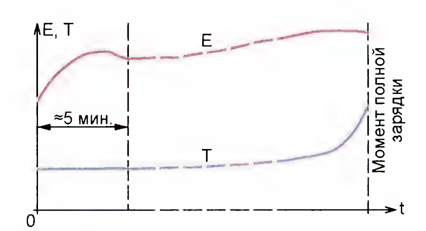


Рис. 14

Критическими значениями, свидетельствующими о достижении состояния полной заряженности, принято считать спад ЭДС на 15 мВ на элемент или 0,15 В на батарею напряжением 12 В и скорость роста температуры более 1 °C/мин. Но следует учитывать, что в течение первых пяти минут после начала зарядки на кривой зарядки наблюдается ещё один участок спада ЭДС. Он обусловлен особенностью протекания электрохимических процессов в батарее во время её "прогрева" зарядным током.

Весьма неприятная особенность никель-кадмиевых аккумуляторных батарей — наличие у них эффекта памяти. Его суть в том, что батарея "запоминает", какое количество электричества она получила при последней зарядке и при следующей примет его не больше. Чтобы избежать этого, нельзя допускать неполной зарядки батареи, а перед хранением нужно полностью её разряжать.

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

После старта программа попросит подключить батарею к зарядному устройству и указать её ёмкость с точностью до 0,1 А·ч, после чего предложит выбрать либо зарядку батарея, либо её разрядку.

Режим разрядки позволяет полностью разрядить батарею перед хранением, чтобы избежать в дальнейшем отрицательных последствий, связанных с эффектом памяти. В ходе разрядки программа подсчитает отданное батареей количество электричества и по окончании разрядки выведет результат на ЖКИ. Это даёт возможность оценить состояние батареи.

Работа программы зарядки начинается с измерения ЭДС батареи. У полностью разряженной она равна 10 В. При ЭДС менее 10 В производится инициализация батареи зарядным током 0,3·С в течение минуты. Если батарея была разряжена не полностью, то производится её разрядка. В последнем случае инициализация перед зарядкой не производится.

Далее в течение шести минут зарядный ток нарастает до номинального значения, равного 1,5·С, после чего начинается основной этап зарядки таким током. В его ходе программа ежеминутно контролирует ЭДС аккумуляторной батареи, её температуру, а также количество электричества, принятого батареей. Если в процессе зарядки температура батареи поднимется выше 40 °С, то зарядный ток будет снижен до 1·С.

Основные критерии окончания зарядки:

— падение ЭДС на 0,15 В и более за минуту;

— рост температуры батареи на 0,85 °С и более за минуту.

Необходимо отметить, что учёт только этих критериев для определения момента окончания зарядки недостаточен. Падение ЭДС невелико и сильно зависит от условий зарядки. При токе зарядки менее 1·С его вообще может не быть. Кроме того, автором отмечено его практическое отсутствие при зарядке батареи, сильно потерявшей ёмкость ввиду неправильной эксплуатации. При подключённом датчике температуры её рост фиксируется надёжно, однако датчик может быть случайно или намеренно отключён.

Поэтому программа использует и дополнительные критерии, не допускающие перезарядки батареи и повышающие безопасность процесса зарядки. Она будет остановлена, если батарее сообщён заряд более 130 % её номинальной ёмкости или если ЭДС батареи превысит 16 В.

Следует иметь в виду, что информация о значениях приращений напряжения (ΔU) и температуры (ΔT) появляется на ЖКИ через минуту после начала основного этапа зарядки.

Алгоритм зарядки литий-ионных аккумуляторных батарей. Для таких батарей реализована двухэтапная зарядка. Кривая зарядки, иллюстрирующая процесс, приведена на **рис. 15**. Первый этап — зарядка при фиксированном токе, равном 1·С. В ходе этого этапа ЭДС батареи растёт, поэтому для поддержания зарядного тока неизменным программа постепенно увеличивает зарядное напряжение.

Когда оно достигнет 12,1 В, начинается второй этап — зарядка при фиксированном напряжении. В ходе этого этапа программа поддерживает зарядное напряжение равным 12,1 В, а зарядный ток по мере роста заряженности батареи спадает. Критерий завершения зарядки — уменьшение зарядного тока до 0,1·С.

После старта программа предлагает подключить аккумуляторную батарею к зарядному устройству, запрашивает её ёмкость, после чего измеряет её ЭДС. У нормально разряженной батареи ЭДС равна 9 В. Если ЭДС менее 9 В, проводится предварительная зарядка батареи малым током (0,2·С), пока её ЭДС не вырастет до 9 В.

Затем программа начинает основной этап зарядки при фиксированном токе 1·С. Следует заметить, что литий-ионные батареи очень чувствительны к перезарядке, поэтому контроль параметров (зарядного напряжения и температуры батареи) производится с периодом 20 с.

Если температура батареи превысит 50 °С, то зарядка прекращается, так как это может быть только следствием неполадок в зарядном устройстве либо неисправности батареи.

Рис. 15

По достижении зарядным напряжением 12,1 В программа переходит ко второму этапу — зарядке батареи при фиксированном напряжении. Он продолжается, пока зарядный ток не упадёт ниже 0,1·С. Следует отметить, что второй этап занимает много времени, его длительность может превысить продолжительность первого этапа, в течение которого батарея набирает приблизительно 70 % своей ёмкости, а в течение второго — всего 30 %. Иначе говоря, литий-ионная батарея быстро получает основную часть заряда, но долго дозаряжается.

Так как литий-ионная батарея не имеет эффекта памяти, то остановить процесс зарядки можно в любое время без вреда для неё. Эта особенность часто используется в промышленных зарядных устройствах для аккумуляторных батарей от электроинструмента. Они выполняют только первый этап зарядки. При этом батарея заряжается хоть и не полностью, но зато быстро — за 40...60 мин.

При использовании описываемого зарядного устройства также вполне допустимо при необходимости остановить зарядку вручную по окончании её первого этапа и использовать батарею по назначению, а дозарядить её позже в любое удобное время.

Последнее замечание. Следует иметь в виду, что использовать предлагаемое зарядное устройство в качестве источника питания целесообразно лишь для электродвигателей, источников света и других потребителей, не требующих высокостабильного напряжения. Так как основная цель этого устройства — зарядка аккумуляторных батарей, то никаких особых мер по повышению качества выходного напряжения в нём не предусмотрено. Если необходимо питать от этого источника электронную аппаратуру, следует применять дополнительную фильтрацию, а в необходимых случаях и стабилизацию его выходного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

2. **Хрусталёв Д. А.** Аккумуляторы. — М.: Изумруд, 2003 г.

3. **Синькевич В., Кирсанов В.** О чём говорят напряжение и ток. — URL: **http://www.zr.ru/content/articles/8398-o_chem_govorat_naprazhenije_i_tok/** (23/11/14).

От редакции. *Файлы печатных плат в формате Sprint Layout 5.0 и программа микроконтроллера имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/ZarXMEGA.zip** на нашем FTP-сервере.*

Измеритель-индикатор уровня радиации

С. МАКАРЕЦ, г. Киев, Украина

Отличительная особенность предлагаемого индикатора уровня радиоактивного излучения — управление осуществляет микроконтроллер PIC12F683.

При разработке устройства автор ознакомился со множеством уже существующих промышленных и радиолюбительских конструкций по этой тематике. Например, описание одной из них было опубликовано в журнале "Радио" № 10 за прошлый год.

Создавая это устройство, автор намеревался приблизить его возможности к потребностям обычного человека. Предлагаемый вниманию читателей прибор имеет следующие характеристики:

— светодиодная (числом вспышек) индикация уровня радиоактивного излучения непосредственно в мкР/ч;

— принудительная звуковая и световая (вспышками) индикация регистрируемых импульсов источника излучения (в обычном режиме отключена с целью экономии энергии аккумулятора и снятия раздражающего психологического воздействия);

— автоматическое включение звуковой и световой индикации регистрируемых импульсов источника излучения при превышении порога 50 мкР/ч;

— автоматическое включение сигнала тревоги при превышении второго порога 75 мкР/ч;

— значения первого и второго порогов, а также необходимые для работы устройства параметры используемого аккумулятора и конкретного типа счётчика Гейгера хранятся в энергонезависимой памяти микроконтроллера (EEPROM) и могут быть легко изменены в соответствии с индивидуальными требованиями;

— потребляемый ток при работе в условиях естественного радиоактивного фона — менее 1 мА (фактически измеренный — 0,86 мА), время работы с используемым литий-ионным аккумулятором ёмкостью 750 мА·ч — более 35 суток;

— светодиодная индикация оставшихся дней работы аккумулятора;

— контроль состояния напряжения аккумулятора;

— зарядка аккумулятора через стандартное подключение по USB;

— максимальные размеры (определяются в первую очередь используемым счётчиком Гейгера СБМ-20) 120×30×25 мм.

Таким образом, предлагаемый прибор имеет длительную (более месяца) продолжительность работы без подзарядки аккумулятора, подаёт сигнал тревоги в случае превышения заданного уровня радиоактивного излучения и индицирует уровень радиации непосредственно в микрорентгенах в час. Фотография измерителя-индикатора показана на **рис. 1**. Схема прибора приведена на **рис. 2**.

Прежде чем описывать работу устройства, необходимо рассмотреть, как определяется уровень радиоактивного излучения по импульсам счётчика Гейгера, в нашем случае СБМ-20.

Согласно данным производителя [1], чувствительность этого счётчика к гамма-излучению равна 420±20 имп./с при интенсивности радиоактивного излучения 4 мкР/с, что соответствует 14,4 мР/ч. Соответственно уровню излучения 1 мР/ч будет соответствовать 420±20/14,4 = 29,17±1,39 имп./с или, что то же самое, 1750±83 имп./мин.

Разложим 1 мР/ч на множители, например, 50×20 мкР/ч, в таком случае при уровне излучения 20 мкР/ч счётчик Гейгера СБМ-20 будет выдавать 1750±83/50 = 35±1,7 имп./мин.

Найдя время, за которое счётчик Гейгера выдаст 20 импульсов при вычисленном темпе 35±1,7 имп./мин, получаем временной отрезок, в течение которого число импульсов счётчика Гейгера соответствует уровню радиации в микрорентгенах в час: (60 с/35±1,7 имп.) × 20 = 34,3 с (с учётом разброса — от 32,7 до 36 с).

Этот временной интервал подсчёта импульсов формируется встроенным в микроконтроллер PIC12F683 таймером 1. С учётом программных установок период таймера 1 равен 0,524288 с, а значит, необходимый период измерения состоит из 34,3 с/0,524288 с = 65 (с учётом округления) периодов таймера 1. В шестнадцатеричном виде 65 = 0×41 число 41 записывают в нулевую (первую по счёту) ячейку энергонезависимой памяти микроконтроллера EEPROM, и его можно легко изменить в случае использования счётчика Гейгера другого типа.

В следующей, первой (второй по счёту) ячейке памяти EEPROM хранится шестнадцатеричное значение планируемого числа суток работоспособности аккумулятора: (750 мА·ч/0,9 мА)/24 ч = 35 (с учётом округления) = 0×23.

Вторая ячейка EEPROM — значение первого порога (по нему включается звуковая и световая индикация импульсов счётчика Гейгера) 50 мкР/ч = 0×32.

Третья ячейка EEPROM — второй порог (сигнал тревоги) 75 мкР/ч = 0×4B.

Четвёртая ячейка EEPROM — длительность импульса для формирования необходимого

Рис. 1

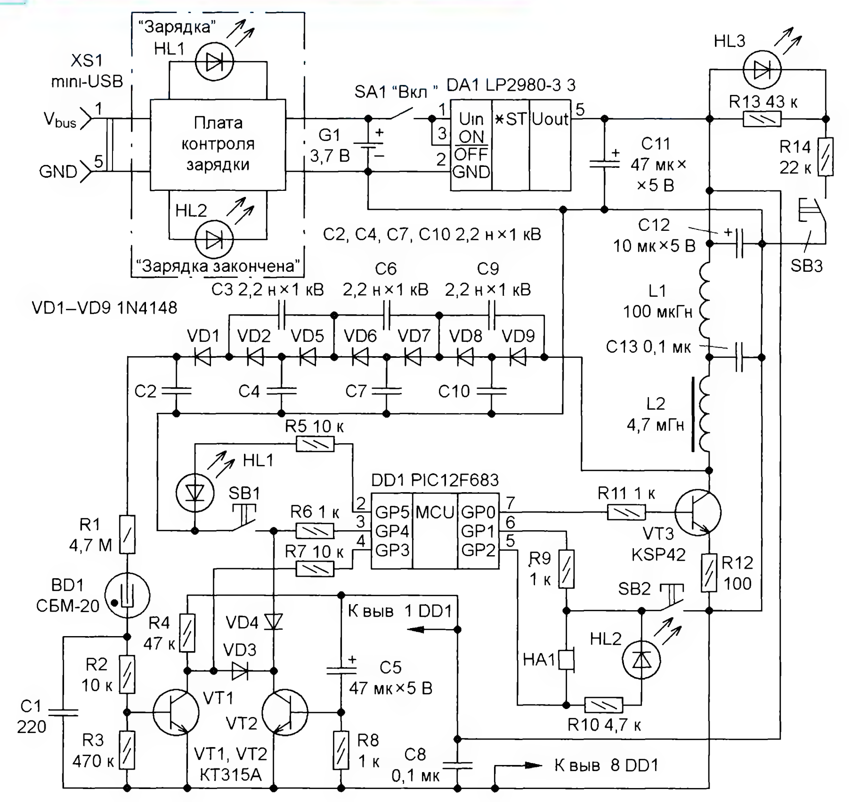
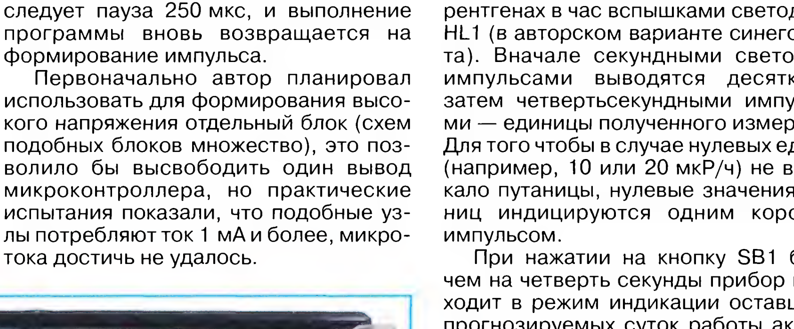


Рис. 2

напряжения на счётчике Гейгера, для СБМ-20 рабочее напряжение должно быть 400 В [1]. Формула вычисления длительности импульса K × 3 мкс + 5 мкс, где K — десятичное значение четвёртой ячейки. Высчитывать длительность импульса "накачки" нет смысла, поскольку напряжение будет зависеть от реальных параметров формирующей цепи. Этот коэффициент необходимо подобрать экспериментально, измеряя полученное напряжение.

Важно отметить, что поскольку источник напряжения питания счётчика Гейгера маломощный (другой и не нужен, так как максимальный ток счётчика не превышает 20 мкА [1]), то измерять это напряжение необходимо через высокоомный делитель. Автор для этой цели использовал делитель с гигаомным входным сопротивлением, измерение производил осциллографом TDS-210.

В пятой, шестой и седьмой (шестой—восьмой по порядку соответственно) ячейках EEPROM записываются



Для питания устройства стабилизированным напряжением 3,3 В применена микросхема LP2980-3.3. Важная её особенность — работа при малом токе нагрузки и малый собственный потребляемый ток (при токе нагрузки 1 мА он не превышает 170 мкА).

Узел получения напряжения питания счётчика Гейгера полностью соответствует схеме из аналогичного прибора [2]. На выводе 7 микроконтроллера (GP0) формируется короткий импульс длительностью, определяемой содержимым четвёртой ячейки EEPROM. Затем следует пауза 250 мкс, и выполнение программы вновь возвращается на формирование импульса.

Первоначально автор планировал использовать для формирования высокого напряжения отдельный блок (схем подобных блоков множество), это позволило бы высвободить один вывод микроконтроллера, но практические испытания показали, что подобные узлы потребляют ток 1 мА и более, микротока достичь не удалось.

пока измеренный уровень не станет ниже первого порога.

В случае превышения второго порога индицируется сигнал тревоги, представляющий собой трёхкратную вспышку светодиода HL2 длительностью по 0,25 с, сопровождаемую двухчастотным (около 4 кГц) звуковым сигналом. После этого измерение уровня излучения возобновляется.

Кратковременное (не более 0,25 с) нажатие на кнопку SB1 инициирует режим индикации измеренного уровня радиоактивного излучения в микрорентгенах в час вспышками светодиода HL1 (в авторском варианте синего цвета). Вначале секундными световыми импульсами выводятся десятки, а затем четвертьсекундными импульсами — единицы полученного измерения. Для того чтобы в случае нулевых единиц (например, 10 или 20 мкР/ч) не возникало путаницы, нулевые значения единиц индицируются одним коротким импульсом.

При нажатии на кнопку SB1 более чем на четверть секунды прибор переходит в режим индикации оставшихся прогнозируемых суток работы аккумулятора. Вначале кратковременно вспыхивает светодиод HL2 (красного цвета), сигнализируя о переходе в режим индикации контроля аккумулятора, после паузы этот же светодиод показывает состояние аккумулятора. После того как прогнозируемое время работы аккумулятора закончится, в этом режиме будет индицироваться число "переработанных" суток, о переработке будет сигнализировать кратковременная вспышка синего светодиода HL1.

Десятки и единицы выводятся аналогично предыдущему режиму индикации.

Рис. 3

коэффициенты, обеспечивающие суточный интервал. Это необходимо для подсчёта продолжительности работы аккумулятора. Произведение этих трёх чисел должно быть равно числу периодов измерения в течение суток.

Длительность суток в секундах 60×60×24 = 86400 с переводим в число интервалов измерения (фактическое значение 65 × 0,524288 с = 34,07872 с), получаем 86400 с / 34,07872 с = 2535 целых интервалов.

Раскладываем на множители число 2535 = 13×13×15, соответственно в ячейки записываем 13 = 0x0D, 13 = 0x0D, 15 = 0x0F.

Важное замечание. Для нормальной работы программы, заложенной в микроконтроллер, необходимо, чтобы исходные данные удовлетворяли условию 0 ≤ X ≤ 127, поскольку это условие должно выполняться для некоторых используемых в программе команд.

Удобно пользоваться сайтом **http://calc-x.ru/conversion_number.php** для перевода чисел в различные системы счисления.

Теперь рассмотрим схему прибора.

Питание прибора осуществляется от литий-ионного аккумулятора, для его зарядки используется готовая плата размерами 20×25 мм китайского производства, при желании её можно изготовить самостоятельно, используя микросхему TP4056.

Подсчёт импульсов счётчика Гейгера (вывод 4) и реакция на кнопку измерения SB1 (вывод 3) реализованы разрешением соответствующих прерываний программы в микроконтроллере. Разрешены также прерывания по таймеру 1, обеспечивающему формирование интервала измерения.

Световая и звуковая индикация регистрируемых импульсов счётчика Гейгера осуществляется так. В том случае, когда нет необходимости индицировать входные импульсы, на выходах GP1, GP2 (выводы 6, 5) импульсы индикации частотой около 4 кГц синфазны, поэтому ни светодиод HL2 красного цвета свечения, ни пьезоизлучатель HA1 на них не реагируют. При нажатии на кнопку принудительной индикации SB2 один из выводов светодиода и пьезоизлучателя соединяется с общим проводом и индикация принудительно включается.

Важно отметить, что резистор R9 в этом случае предотвращает выход из строя выхода GP1 микроконтроллера, поэтому исключать его (например, для повышения громкости звучания) нельзя.

При превышении первого порога уровня радиоактивного излучения импульсы индикации на выходах GP1, GP2 противофазны, индикация автоматически включена. В следующем цикле измерения индикация останется включённой, и так продолжается до тех пор,

Кнопка SB3 позволяет контролировать текущее состояние аккумулятора. Для этого резисторы R13, R14 подобраны так, чтобы при номинальном рабочем напряжении (3,3 В) зелёный светодиод HL3 светился, а при напряжении около 3 В (уровень разряженного аккумулятора) — нет.

Транзистор VT1 приводит амплитуду импульсов счётчика Гейгера к уровню, необходимому для работы микроконтроллера. Транзистор VT3, катушка индуктивности L2 и диодный умножитель на диодах VD1, VD2, VD5—VD9 и конденсаторах C2—C4, C6, C7, C9, C10 обеспечивают необходимое напряжение питания счётчика Гейгера.

Применение транзистора VT2 вызвано необходимостью первоначальной инициализации микроконтроллера. Микроконтроллер PIC12F683 имеет шесть вариантов начальной установки, однако то ли автору попался такой экземпляр, то ли допущена ошибка в программе, но при инициализации режима прерываний микроконтроллер "отказался" работать без "сброса" при включении. Поскольку размеры платы позволяли, транзистор VT2 решено было оставить.

Устройство собрано на универсальной плате размерами 100×15 мм с вырезом для аккумулятора (**рис. 3**), необходимые соединения выполнены монтажным проводом.

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-28-38
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 4

Высоковольтный вывод счётчика Гейгера находится внутри корпуса, низковольтный закрыт снаружи декоративным колпаком (**рис. 4**). Плата зарядки аккумулятора от USB и пьезоизлучатель расположены под основной платой. Для контроля зарядки аккумулятора по индикаторам платы зарядки снизу в корпусе просверлены два отверстия диаметром 1 мм. Микроконтроллер установлен на плате через стандартную панель, что позволяет его перепрограммировать в случае необходимости. Счётчик Гейгера установлен в креплениях для предохранителей, впаянных в плату, в случае отсутствия таковых можно изготовить крепления из жёстких медных проводов. Пайка выводов счётчика может вывести его из строя. Вид устройства со снятой крышкой показан на **рис. 5**.

Рис. 5

Особых требований к применённым деталям нет, за исключением того, что транзистор VT3 должен быть высоковольтным (у KSP42 максимально допустимое напряжение коллектор—эмиттер равно 300 В), номинальное напряжение конденсатора C1 должно быть не ниже 40 В (при напряжении питания счётчика Гейгера 400 В).

Следует отметить, что несмотря на симметричность корпуса счётчика СБМ-20 он имеет полярность и его необходимо устанавливать в соответствии с ней.

В заключение хотелось бы обратить внимание на следующее. Несмотря на полную функциональную работоспособность предлагаемого устройства (проверка производилась с использованием источника радиоактивного излучения промышленного прибора ДП-5А) его можно улучшить, а именно:

— исключить транзистор VT2 с дополнительными элементами;

— исключить транзистор VT1 с дополнительными элементами, заменив его обычным резистивным делителем с диодной защитой входа микроконтроллера по напряжению, изменив программно полярность входных импульсов;

— в случае, если не планируется круглосуточная работа устройства, запрограммировать автоматическую запись текущего времени работы аккумулятора в энергонезависимую память микроконтроллера, чтобы при очередном включении индицировались правильные данные. В этом случае необходимо также запрограммировать дополнительный режим для кнопки SB1, чтобы осуществлять начальную установку после зарядки аккумулятора, возможна и автоматическая начальная инициализация по сигналам с платы зарядки. В предложенном варианте каждое включение приводит к обнулению счётчика работы аккумулятора;

— сформировать напряжение для счётчика Гейгера с помощью отдельного микромощного блока, в этом случае высвобождается один вывод микроконтроллера, который можно использовать, например, для встроенного аналогового компаратора. Это позволит более точно контролировать напряжение аккумулятора. Но что ещё более важно, в этом случае микроконтроллер можно перевести в режим "Сна" с прерыванием по импульсам счётчика Гейгера и таймеру. Потребляемый микроконтроллером ток в этом режиме не превышает 100 мкА;

— используя менее габаритный счётчик Гейгера, например СБМ-21, создать на основе этого устройства брелок, который в течение года и более без подзарядки будет контролировать радиационную безопасность;

— используя микроконтроллер с большим числом выводов, реализовать вывод уровня радиоактивного излучения на цифровой индикатор, но тогда это будет уже другое устройство.

ЛИТЕРАТУРА

1. СБМ-20. Параметры и характеристики. — URL: **http://www.istok2.com/data/2398/** (24.02.15).

2. Дозиметр на PIC16F648. — URL: **http://vrtp.ru/index.php?s=cd7e98daed66fc07a77bae6159c329ca&act=categories&CODE=article&article=3422** (24.0215).

От редакции. *Программа и прошивка микроконтроллера имеются по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/ind_rad.zip** на нашем ftp-сервере.*

Автомобильный стробоскоп с регулируемой длительностью вспышки и токовым датчиком искры

Н. ОСИПОВ, г. Курск

В статье описан стробоскоп с датчиком тока искры, отличительная особенность которого — оптическая связь датчика со стробоскопом. Устройство позволяет регулировать длительность вспышки источника света (светодиодного фонаря) в интервале от 50 до 600 мкс.

Опыт работы со стробоскопами промышленного или самодельного изготовления с ёмкостными или индуктивными датчиками показал, что более-менее успешно можно выставить угол опережения зажигания на малых оборотах холостого хода двигателя. Для снятия зависимости угла опережения зажигания от частоты вращения коленчатого вала стробоскопы, оборудованные ёмкостными или индуктивными датчиками, оказались непригодными. Дело в том, что с увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя автомобиля резко возрастает уровень помех от проводов, идущих к свечам зажигания других цилиндров, и синхронизация нарушается. Даже в индуктивных датчиках всё равно очень велика паразитная ёмкость между обмоткой датчика и свечным проводом.

Рис. 1

Как образно выразился мой коллега-автомеханик: "Мой стробоскоп живёт своей жизнью — что хочет и когда хочет, то и показывает". Как следствие, очень скоро к таким стробоскопам пропадает интерес, автомеханики вообще перестают ими пользоваться, и я не исключение.

Меня такая ситуация не устраивала. В результате долгих и мучительных поисков я изготовил датчик, воспринимающий только ток искры одной свечи. На основе этого датчика был разработан предлагаемый стробоскоп. Конструктивно устройство состоит из датчика, формирователя импульса вспышки и излучателя, которым служит светодиодный фонарь китайского производства с мощным светодиодом.

Схема датчика приведена на **рис. 1**. Его подключают между распределителем зажигания и свечой первого цилиндра двигателя. В момент искрообразования импульсы тока, протекающего через датчик — резистор R1, создают на нём падение напряжения, достаточное для возбуждения оптического излучения светодиодом VD6. Напряжение на резисторе R1 выпрямляет мост из диодов VD1—VD4. Наличие выпрямителя позволяет не заботиться о полярности подключения датчика и даёт возможность светодиоду датчика вспыхивать каждый раз при возникновении искры, независимо от направления тока через резистор R1. Резистор R2 ограничивает ток, протекающий через светодиод датчика искры. Диод VD5 защищает светодиод от возможного обратного напряжения.

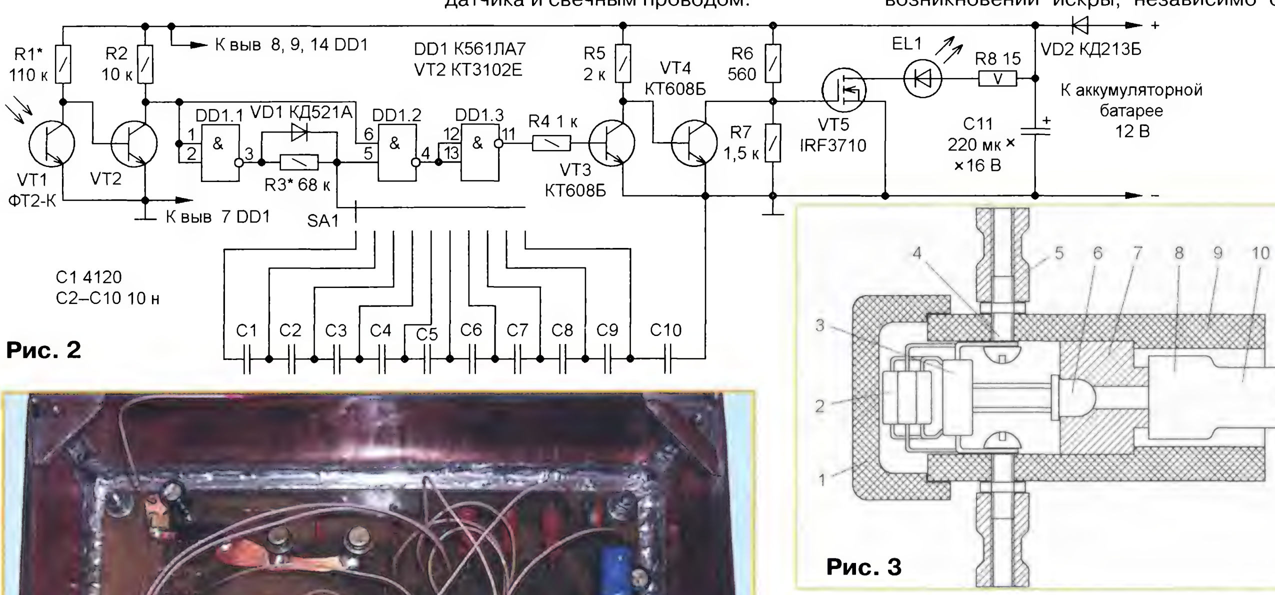


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

В совокупности схемотехника и оптимальный выбор номиналов позволил создать надёжно работающий токовый датчик искры, абсолютно не чувствительный к помехам ёмкостного и индуктивного характера, которые наводятся от высоковольтных проводов, идущих к свечам соседних цилиндров двигателя автомобиля. Несмотря на то что все элементы датчика искры находятся под потенциалом до 25 кВ, за период почти каждодневной работы со стробоскопом более года ни один элемент датчика искры, включая светодиод, не вышел из

строя, что говорит о высокой эксплуатационной надёжности.

Свет, излучаемый светодиодом, по оптоволоконному кабелю длиной 1,5...3 м поступает на формирователь импульсов. Его схема показана на **рис. 2**. Приёмник световых импульсов собран на фототранзисторе VT1. Транзистор VT2 инвертирует и усиливает сигнал до уровня, необходимого для правильной работы одновибратора, который собран на элементах микросхемы DD1. В момент возникновения искры одновибратор формирует импульсы с регулируемой длительностью, задаваемой переключателем SA1. С выхода одновибратора через токоограничивающий резистор R4 импульс вспышки поступает на усилитель, собранный на транзисторах VT3 и VT4, который необходим для быстрой зарядки и разрядки ёмкости затвора переключательного транзистора VT5. Резистор R8 ограничивает ток через мощный светодиод фонаря. Диод VD2 защищает стробоскоп от неправильного подключения к аккумуляторной батарее автомобиля.

Как было сказано ранее, в качестве излучателя применён фонарь китайского производства с одним мощным светодиодом. Из него удалена вся электронная "начинка", припаян кабель с разъёмом. В результате получилась трёхблочная конструкция, состоящая из электронного блока в корпусе, датчика искры, фонаря-излучателя и соединительных проводов. Преимущество такой конструкции перед моноблочным стробоскопом пистолетного типа — возможность держать фонарь двумя пальцами и размещать его в труднодоступном месте, что невозможно сделать с пистолетным стробоскопом. С применённым токовым датчиком синхронизация абсолютно устойчива до максимальных оборотов двигателя автомобиля.

Рис. 5

Конструкция датчика показана на **рис. 3**. Его основа — корпус из изоляционного материала 9, лучше всего использовать фторопласт. В нём размещён держатель 7 светодиода 6 с разъёмом 8 оптоволоконного кабеля 10. Светодиод можно использовать любой, в авторском варианте применён сверхъяркий светодиод красного цвета свечения. В корпусе просверлены два радиальных отверстия, в которых с помощью винтов М4 4 и гаек закреплены свечные наконечники 5. Кроме того, к этим винтам внутри корпуса подключён резистор R1 3. Внутри корпуса навесным монтажом смонтированы диоды VD1—VD5 и резистор R2 2. Торцевая часть корпуса закрыта крышкой из изоляционного материала 1.

В формирователе импульсов применён оксидный конденсатор К50-35, полистирольный конденсатор К71-7 (С1), остальные неполярные — керамические или плёночные.

Корпус формирователя импульса вспышки изготовлен из пластин фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Все элементы формирователя размещены на плате. Вид на монтаж внутри корпуса со снятой верхней крышкой показан на **рис. 4**. Внешний вид устройства показан на **рис. 5**.

Игра "Жучок-колпачок"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Основные элементы предлагаемой вниманию читателей игры, которая может иметь несколько вариантов, — "жук-виброход" с оптическим управлением и полигон, изготовленный из фанеры. Схема "жука" представлена на **рис. 1**. Его конструкция и принцип действия аналогичны описанному ранее виброходу (**Д. Мамичев**. Виброход.— Радио, 2013, № 6, с. 49). Напряжение на электродигатель M1 — виброзвонок от сотового телефона, поступает через транзистор VT2, который, в свою очередь, открывается и закрывается в зависимости от освещённости фототранзистора VT1. Сам фототранзистор установлен так, что реагирует на освещённость подстилающей поверхности. Когда "жук" находится под непрозрачным колпаком или на чёрном поле, сопротивление фототранзистора велико, транзистор VT2 закрыт и тока, протекающего через электродвигатель, недостаточно для вращения ротора последнего. В этом случае через обмотку электродвигатель проходит только небольшой ток светодиодов HL1 и HL2. Поэтому "жук" неподвижен и его глаза светятся. При освещении фототранзистора через него начинает протекать ток, который открывает транзистор VT2. На электродвигатель поступает питающее напряжение, светодиоды гаснут, будучи зашунтированы открытым транзистором VT2. "Жук" станет перемещаться по белому полю до границы с чёрным, где и останавливается, поскольку ток через фототранзистор резко уменьшается. Конденсатор C1 обеспечивает плавные старт "жука" и остановку после пересечения границы между белым и чёрным полями.

Основа конструкции "жука" (**рис. 2**) — каплевидное основание 2 размерами 35×20 и толщиной 2,5...3 мм, изготовленное из пластмассы. "Ножки" 10 — однорядные толщиной 2...2,5 мм, вырезаны они из ластика и приклеены к основанию 2. Опорные "усы" 1 (две штуки) изготовлены из отрезков стальной проволоки диаметром 0,7 мм. Концы отрезков вставлены в два отверстия в основании 2 и зафиксированы секундным клеем. Сверху к основанию приклеены светодиоды 3, ложе 5 для электродвигателя (виброзвонка) 4, которое изготовлено из пластмассового бруска размерами 3×7×10 мм, а к ложу приклеен виброзвонок. В "хвостовой" части основания приклеен магнит-контакт 9 (XT1 на рис. 1) для литиевого элемента 6 (напряжение 3 В). Минусовый контакт элемента (XT2 на рис. 1) соединяется с элементами устройства с помощью магнитной шайбы 7. Магниты извлечены из компьютерного DVD-привода. Фототранзистор 8 (извлечён из привода дисков компьютера "Роботрон") одним выводом припаян к отрезку стальной проволоки. Транзистор, резисторы и конденсатор приклеены к нижней части основания. Все электрические соединения выполнены тонким изолированным проводом. Полигон (**рис. 3**) изготовлен из фанеры толщиной 10 мм и размерами 600×600 мм, во время игры его освещают лампой накаливания мощностью 60...95 Вт. Колпак изготовлен из пластиковой бутылки и внутри закрашен чёрной краской, его ручка — шарик от дезодоранта. В качестве фишек использованы половины контейнеров от "киндер-сюрприза".

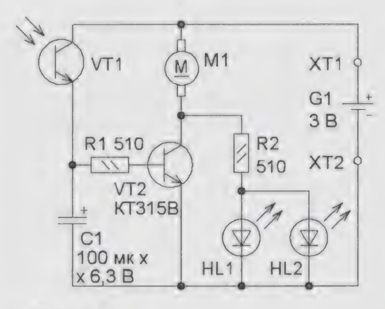


Рис. 1

Рис. 2

В конструкции можно применить транзистор серий КТ315, КТ3102, светодиоды — повышенной яркости свечения красного или зелёного цвета с диаметром корпуса 3 мм, резисторы — МЛТ, оксидный конденсатор — импортный. При необходимости яркость свечения светодиодов можно изменить подборкой резистора R2. Подборкой конденсатора C1 можно изменять скорость реакции жука при старте и пересечении границы полей.

Возможны несколько вариантов игры.

Игра для двух участников. В игре участвуют два игрока, делая ходы по очереди. Во время хода один первый игрок отворачивается, а второй помещает "жука" под колпак. Первый игрок делает ход, расставляя на чёрные поля от одной до трёх фишек. Второй игрок выпускает "жука" из-под колпака, который "бежит" до чёрного поля, на котором останавливается, — его глаза загораются, означая конец хода. Если "жук" остановился на поле, помеченном фишкой, первый игрок получает зачётные баллы. Если игрок ставил три фишки, — 1 балл, если ставил две фишки, — два балла, если ставил одну фишку, — три балла. Баллы не начисляются, если "жук" остановился на поле без фишки. Побеждает в игре тот, кто первым набрал десять или более баллов.

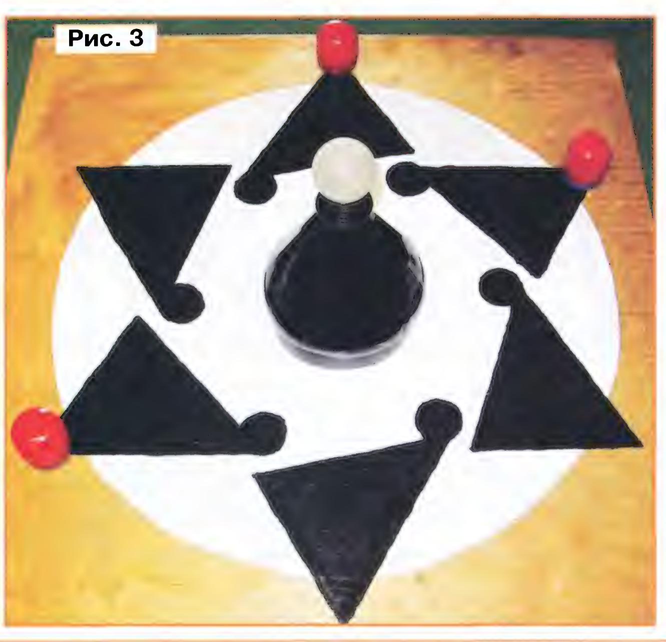


Рис. 3

Игра для нескольких участников. В игре может принять несколько человек, делая ходы по очереди. Во время хода очередной игрок отворачивается, предыдущий помещает "жука" под колпак. Очередной игрок делает ход, ставя на любое чёрное поле одну фишку. Предыдущий игрок выпускает "жука" из-под колпака, который "бежит" до чёрного поля и останавливается. Если на этом поле установлена фишка, очередной игрок становится победителем, если в любое соседнее — получает право на повторный ход. В ином случае происходит передача хода следующему игроку.

Светодинамическая игрушка на MSP430

С. СМИРНОВ, г. Москва

Автору предлагаемой статьи потребовалось создать для модели железной дороги устройство, имитирующее "живое" внутреннее освещение придорожного домика, а также освещение вокруг него. В статье рассказано, как он решил эту задачу с помощью микроконтроллера и нескольких десятков светодиодов.

Согласно поставленной задаче, все "светильники" в домике должны загораться и гаснуть не одновременно, а в определённой последовательности, имитируя перемещение его обитателей из комнаты в комнату и т. п. При этом и "уличное освещение" включать следует посегментно. Например, сначала — все фонари, а затем — подсветку стен домика прожекторами.

Игрушка должна работать от напряжения питания 12 или 18...19 В, управлять освещением до восьми окон единичными светодиодами и восемью сегментами внешнего освещения, каждый из которых может содержать до восьми последовательно соединённых светодиодов.

Задачу можно было бы решить с помощью цифровых микросхем, но эффективнее использовать микроконтроллер, позволяющий легко изменять его программу и, соответственно, поведение устройства.

Был выбран микроконтроллер MSP430G2553 [1], аналогичный установленному на отладочной плате "LaunchPad", описанной в статье [2].

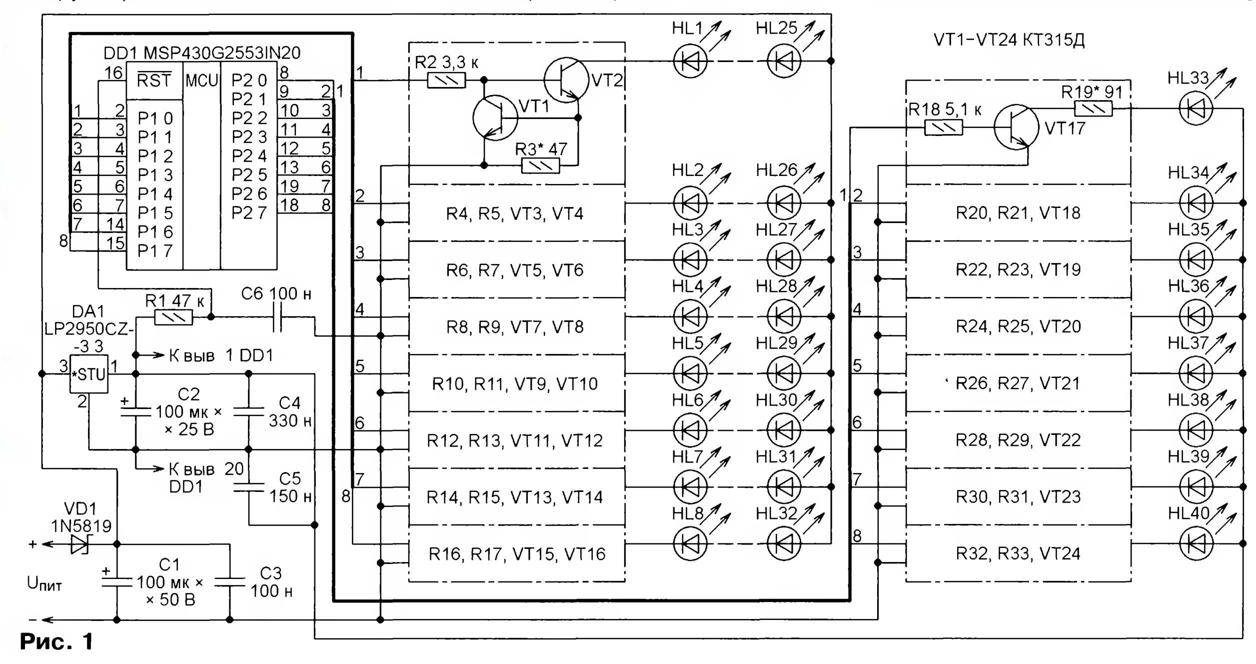


Рис. 1

Строго говоря, подошёл бы и любой другой с необходимым числом выводов, поскольку никаких особых требований к производительности или периферии микроконтроллера для работы в рассматриваемом случае не предъявляется.

Схема разработанного устройства представлена на **рис. 1**. На элементах VD1, C1—C4, DA1 реализован узел его питания. Диод Шотки VD1 защищает устройство от переполюсовки напряжения $U_{пит}$. Конденсаторы C1, C3 предназначены для фильтрации этого напряжения. Конденсаторы C2, C4 фильтруют выходное напряжение интегрального стабилизатора DA1, а также обеспечивают устойчивость его работы. Применение диода Шотки 1N5819 и линейного стабилизатора напряжения LP2950CZ-3.3, минимальное суммарное падение напряжения на которых около 0,8 В, позволило обеспечить работоспособность устройства при напряжении питания от 4,1 В и выше.

Микроконтроллер DD1 включён по схеме, аналогичной использованной на плате "LaunchPad" [3]. Между его выводами питания (1 и 20) установлен дополнительный блокировочный конденсатор C5. Цепь R1C6 обеспечивает необходимую задержку запуска микроконтроллера относительно момента подачи на него напряжения питания.

Непосредственно управляют светодиодами электронные транзисторные ключи, собранные по двум разным схемам. Ключи, состоящие из двух транзисторов каждый, предназначены для управления светодиодными сегментами внешнего освещения. Всего таких ключей восемь, они собраны на транзисторах VT1—VT16. Максимальное число последовательно соединённых светодиодов в сегменте можно оценить по формуле $N = (U_{пит} - 3)/2$. Например, при напряжении питания 12 В их может быть до четырёх, как и показано на схеме рис. 1. Если увеличить напряжение питания до 19 В, в каждом сегменте может быть до восьми светодиодов.

Рассматриваемые ключи представляют собой классические стабилизаторы тока, поэтому ограничивающие ток резисторы в цепи светодиодов не требуются. Ток через светодиоды около 13,8 мА устанавливают подборкой резистора R3 (в ключе на транзисторах VT1 и VT2) и аналогичных резисторов в остальных подобных ключах. Значение тока в миллиамперах можно оценить по формуле $I = 650/R$, где R — сопротивление задающего ток резистора, Ом.

Действие стабилизатора тока основано на том, что при увеличении тока эмиттера транзистора VT2 увеличивается падение напряжения на резисторе R3, которое поступает на базу транзистора VT1. Когда оно достигнет 0,6 В, транзистор VT1 начнёт открываться и часть тока, текущего через резистор R2, ответвится через него, уменьшая этим ток базы транзистора VT2. В результате этот транзистор частично закроется. Так достигается равновесное состояние, при котором ток эмиттера и коллектора транзистора VT2 остаётся равным заданному независимо от числа светодиодов в его коллекторной цепи и напряжения питания.

При использовании указанных на схеме транзисторов КТ315Д с допустимой рассеиваемой мощностью 150 мВт и при напряжении питания более 13 В категорически не рекомендуется управлять рассматриваемыми ключами лишь по одному светодиоду. Это приведёт к превышению допустимой мощности, рассеиваемой транзисторами. При напряжении питания 19 В рекомендуется иметь в каждом сегменте не менее четырёх светодиодов.

При желании в качестве транзистора VT2 и аналогичных в других ключах можно установить более мощные КТ3102 или ВС547 с любыми буквенными индексами либо другие транзисторы

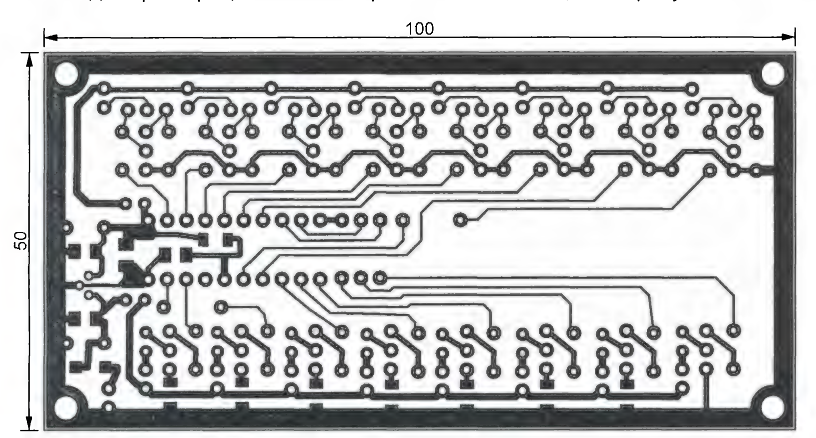


Рис. 2

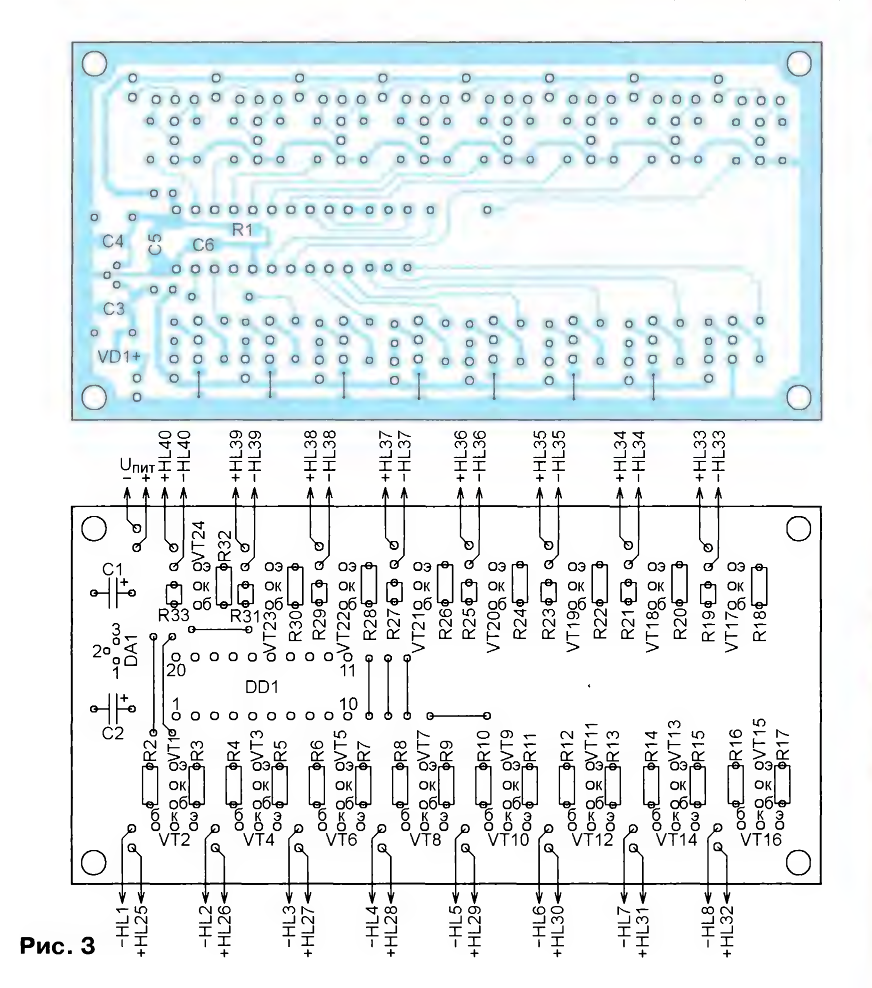


Рис. 3

структуры n-p-n с $h_{21э}$>30 и максимальным напряжением коллектор—эмиттер 30 В и выше, максимальной рассеиваемой мощностью 0,35 Вт и более. Это позволит каждому ключу управлять и одним светодиодом при любом допустимом напряжении $U_{пит}$, но приведёт к повышению температуры внутри устройства.

Восемь однотранзисторных ключей (VT17—VT24) рассчитаны на управление только одним светодиодом каждый. Необходимость в них объясняется тем, что максимальный ток выхода микроконтроллера серии MSP430 всего 6 мА, чего недостаточно для яркого свечения светодиода.

Резистор R19 и аналогичные в других ключах, включённые последовательно со светодиодами HL33—HL40, ограничивают их ток до 9,5 мА. Столь малый ток достаточен для заметного свечения обычного светодиода с номинальным током 20 мА. Это позволяет устанавливать светодиоды внутри "помещений" без необходимости придумывать всевозможные светофильтры, чтобы не создавать эффект прожекторов, светящих из окон на улицу. Если нужно увеличить яркость, сопротивление включённых последовательно со светодиодами резисторов уменьшают до 51...82 Ом.

Чертёж печатной платы устройства представлен на **рис. 2**, а размещение деталей на ней — на **рис. 3**. Плата изготовлена методом термопереноса рисунка печатных проводников с бумаги на фольгу, который получил среди радиолюбителей название "лазерно-утюжной технологии". Об этом методе много написано в Интернете (например, в [4]).

Изображение проводников было отпечатано зеркально относительно рис. 2 на глянцевой бумаге для фотопечати Lomond и перенесено на заготовку платы из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Продолжительность прогрева пакета плата-бумага утюгом мощностью 2300 Вт — около 2 мин. Длительность приглаживания бумаги от середины к краям платы — 1 мин. Не описанные в [4] тонкости:

— после завершения нагревания необходимо немедленно положить что-нибудь тяжёлое на пакет плата-бумага и обеспечивать прижим в течение примерно 3...5 мин, пока плата будет остывать, прилипание тонера к фольге идёт именно во время остывания;

— после отделения бумаги в "тесных" местах рисунка остаётся множество её мелких остатков, которые отлично удаляются во влажном состоянии обыкновенной зубочисткой.

На стороне печатных проводников платы нужно смонтировать семь перемычек и ещё семь на её противоположной стороне. Для микроконтроллера следует установить 20-гнёздную панель.

Со стороны печатных проводников припаяны элементы для поверхностного монтажа VD1, C3—C6, R1. Для их пайки я не пользуюсь пинцетом, поскольку при этом не хватает "третьей" руки. Элемент устанавливаю в нужном месте платы с помощью иголки или обрезка вывода резистора и прижимаю ногтем большого пальца. Затем одним касанием паяльника припаиваю один из его выводов. Далее элемент можно отпустить и спокойно припаять второй вывод. Плата при этом вполне удобно удерживается на весу и может быть повёрнута как угодно.

Собранную плату проверьте мультиметром (в режиме прозвонки) на отсутствие замыканий между печатными проводниками цепи +3,3 В и общего провода, а также цепи $+U_{пит}$ и общего провода. При этом возможны кратковременные звуковые сигналы мультиметра — это нормально и объясняется зарядкой конденсаторов большой ёмкости в процессе проверки. Желательно проверить и отсутствие замыканий на общий провод сигнальных выводов микроконтроллера и выводов транзисторов.

Проверенную плату, не устанавливая на неё микроконтроллер, подключите к источнику питания, после чего проверьте наличие напряжения +3,3 В на гнезде 1 панели микроконтроллера относительно гнезда 20. На контактных площадках, предназначенных для подключения анодов светодиодов HL26—HL32, должно быть напряжение, близкое к $U_{пит}$ (относительно гнезда 20 панели). Проверьте также наличие напряжения +3,3 В на контактных площадках для анодов светодиодов HL33—HL40.

Программирование микроконтроллера было выполнено из среды разработки программ IAR Embedded Workbench, для чего он был установлен в панель отладочной платы "LaunchPad". О подробностях настройки этой среды и использовании её бесплатной версии можно прочитать в [5].

Запрограммированная микросхема была аккуратно извлечена из панели платы "LaunchPad" и вставлена в панель изготовленной и проверенной платы игрушки, которая после этого готова к работе.

В приложенном к статье файле RailRoadHouseLights.c находится исходный текст программы. Собственно программа управления светодиодами расположена в её строках с 32-й по 148-ю и реализует следующую последовательность действий:

— на 10 с включает светодиоды HL1—HL32;

— на 10 с включает светодиоды HL33—HL40;

— на 1 с включает группу светодиодов HL7, HL15, HL23, HL31;

— на 2 с включает группы светодиодов HL1, HL9, HL17, HL25 и HL7, HL15, HL23, HL31;

— на 3 с включает группу светодиодов HL1, HL9, HL17, HL25;

— на 4 с выключает все светодиоды;

— с интервалом 1 с последовательно включает все светодиоды: сначала работает группа светодиодов HL1, HL9, HL17, HL25, затем к ней присоединяется группа HL2, HL10, HL18, HL26, затем HL3, HL11, HL19, HL27 и т. д., после чего последовательно выключает светодиоды;

— в течение 2 с все светодиоды остаются выключенными;

— с интервалом 1 с поочерёдно включает все светодиоды: сначала группу светодиодов HL1, HL9, HL17, HL25, затем HL2, HL10, HL18, HL26, затем HL3, HL11, HL19, HL27 и так далее, после этого поочерёдно включает светодиоды HL33—HL40;

— в течение 2 с все светодиоды остаются выключенными;

— с интервалом в 1 с мигает последовательно всеми светодиодами. Каждый светодиод (или их группа) вспыхивает дважды на 300 мс с паузами по 200 мс;

— в течение 2 с все светодиоды остаются выключенными, затем описанный цикл повторяется.

Объём программы управления переключением светодиодов может быть любым, но не менее одной строки и не более умещающегося в память микроконтроллера. О попытке превысить имеющийся объём свободной памяти IAR Embedded Workbench выдаст предупреждение.

Для того чтобы внести изменения в характер поведения светодиодов, необходимо отредактировать в программе RailRoadHouseLights.c блок по имени LightProfile (строки 32—148), начинающийся со строк, указанных в **табл. 1**.

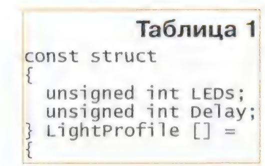


Таблица 1

```
const struct
{
  unsigned int LEDs;
  unsigned int Delay;
} LightProfile [] =
{
```

Например, на базе разработанной игрушки можно реализовать светофор для перекрёстка двух дорог, работающий по следующему алгоритму:

— на 100 с включаются красный огонь в направлении 1 и зелёный огонь в направлении 2;

— на 4 с включаются зелёный и жёлтый огни в направлении 2 и красный огонь в направлении 1;

— на 2 с включаются красные огни в обоих направлениях;

— на 100 с включаются зелёный огонь в направлении 1 и красный огонь в направлении 2;

— в течение 2 с мигает зелёный огонь в направлении 1, красный огонь в направлении 2 включён непрерывно;

— на 2 с включены жёлтый огонь в направлении 1 и красный огонь в направлении 2;

— на 2 с включены красный огонь в направлении 1 и жёлтый огонь в направлении 2, далее цикл повторяется.

В программе RailRoadHouseLights.c необходимо строки 32—148 заменить на 18 строк из **табл. 2**. Уже готовый отредактированный файл Traffic Lights.c приложен к статье.

Таблица 2

```
struct
{
  unsigned int LEDs;
  unsigned int Delay;
} LightProfile [] =
{
  { 0x0021, 1000 },
  { 0x0031, 40 },
  { 0x0009, 20 },
  { 0x000c, 1000 },
  /* мигающий зеленый */
  { 0x0008, 5 },
  { 0x000c, 5 },
  { 0x0008, 5 },
  { 0x000c, 5 },
  { 0x000a, 20 },
  { 0x0011, 20 }
};
```

Используются следующие светодиоды:

HL1, HL9, HL17, HL25 — красные огни направления 1;

HL2, HL10, HL18, HL26 — жёлтые огни направления 1;

HL3, HL11, HL19, HL27 — зелёные огни направления 1;

HL4, HL12, HL20, HL28 — красные огни направления 2;

HL5, HL13, HL21, HL29 — жёлтые огни направления 2;

HL6, HL14, HL22, HL30 — зелёные огни направления 2.

Таблица 3

```
struct
{
  unsigned int LEDs;
  unsigned int Delay;
} LightProfile [] =
{
  { 0x0100, 1000 },
  { 0x0300, 20 },
  { 0x0400, 1000 },
  { 0x0200, 50 }
};
```

Аналогично решается ещё более простая задача — светофор на одно направление. Для этого в программе Rail RoadHouse Lights.c строки 32—148 достаточно заменить на имеющиеся в **табл. 3**. В приложенном в статье файле TrafficLight.c находится уже отредактированная программа. Она выполняет следующие действия:

— на 100 с включает красный огонь;

— на 2 с включает красный и жёлтый огни;

— на 100 с включает зелёный огонь;

— на 5 с включает жёлтый огонь.

Далее цикл повторяется. Используются светодиоды HL33 (красный огонь), HL34 (жёлтый огонь) и HL35 (зелёный огонь).

ЛИТЕРАТУРА

1. MSP430x2xx Family. User's Guide. — URL: **http://www.mikrocontroller.net/attachment/64952/UserGuide_MSP430 x2xx_slau144e.pdf** (10.03.15).

2. **Стародубцев М.** Arduino или Launch Pad — что лучше? — Радио, 2011, № 11, с. 29—31.

3. Уроки MSP430 LaunchPad. Урок 07: Жмём кнопки. — URL: **http://we.easyelectronics.ru/msp430/uroki-msp430-launchpad-urok-07-zhmem-knopki.html** (10.03.15).

4. Создание печатной платы методом лазерного утюга. — URL: **http://easyelectronics.ru/sozdanie-pechatnoj-platy-metodom-lazer-nogo-utyuga.html** (10.03.15).

5. **Сокол С.** Микроконтроллеры MSP430. Первые шаги. — Радио, 2012, № 12, с. 43, 44; 2013, № 1, с. 47—49.

От редакции. *Чертёж печатной платы в формате Sprint Layout 6.0 и рассмотренные в статье программы находятся по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/05/Lights.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Светодиодная лампа для холодильника

А. КАРПАЧЕВ, г. Железногорск Курской обл.

Сегодня в продаже появилось множество ярких светодиодов различных типов, позволяющих изготавливать из них осветительные лампы. Например, в статьях [1] и [2] их авторы делятся опытом изготовления простейших ламп для лестничной площадки, состоящих из двух светодиодов. Несомненные достоинства этих ламп — экономичность, долговечность, дешевизна и возможность изготовить их всего за пару часов. Если требуется более совершенная лампа, то её изготовление описано в статье [3].

Хотелось бы поделиться своим опытом в области изготовления светодиодных ламп. Очень неплохую лампу для холодильника вполне можно сделать за вечер. Кстати, её срок службы будет побольше, чем у самого холодильника, ведь светодиодам не страшны частые включения при низкой температуре. Такие лампы можно использовать не только в холодильниках, но и в швейных машинках, СВЧ-печах, различных светильниках.

Для того чтобы не возникло проблем с установкой изготовленной светодиодной лампы в холодильник, её габариты не должны превышать размеров лампы накаливания 230 В 15 Вт, которую она заменит.

Было решено использовать светодиоды ASS28-WW120B21 типоразмера 3528 (3,5×2,8 мм) для поверхностного монтажа. В габаритах лампы накаливания можно разместить 60 таких светодиодов. Их рабочее напряжение — 3,2...3,4 В при токе 20 мА. Значит, на цепь последовательно соединённых светодиодов потребуется подавать напряжение около 180 В. Погасить резистором придётся всего около 40...50 В, и мощность, рассеиваемая на нём, не превысит 1 Вт.

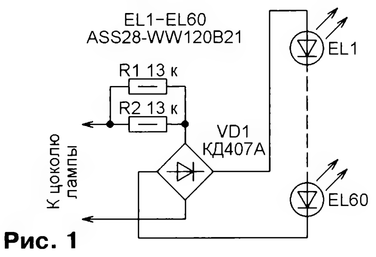


Рис. 1

Естественно, взамен указанных выше светодиодов можно применить любые имеющиеся для поверхностного монтажа, причём не обязательно точно знать их номинальный ток и рабочее напряжение. Чтобы рассчитать сопротивление и мощность гасящего резистора, вполне достаточно с помощью регулируемого блока питания ориентировочно определить напряжение, при котором через светодиод течёт ток 8...10 мА, и он светится с достаточной яркостью.

Если же использовать обычные светодиоды с выводами для пайки в отверстие, то в допустимых габаритах их уместится всего несколько штук. Гасить резистором придётся почти всё напряжение сети. Это значительно увеличит рассеиваемую резистором мощность, следовательно, придётся увеличить размеры этого резистора и самой лампы. В этом случае лампа может и не уместиться на отведённом ей месте, да и "печка" в холодильнике не совсем уместна.

Схема лампы показана на **рис. 1**. Измеренный ток через светодиоды при включении оказался равным 6,5 мА, повышаясь до 8 мА через несколько минут работы, что более чем в два раза меньше предельно допустимого рабочего тока. Но даже при таком токе яркость получившейся лампы визуально намного больше, чем лампы накаливания мощностью 15 Вт. Цвет свечения светодиодной лампы с указанными светодиодами — голубоватый. По моему субъективному восприятию, он гораздо больше подходит для холодильника, чем тусклый желтоватый свет обычной лампы накаливания.

Теперь подробно опишу технологию, по которой изготавливалась светодиодная лампа. Берём неисправную лампу накаливания 230 В 15 Вт, обёртываем её бумагой и разбиваем стеклянную колбу. Очищаем внутреннюю боко-

вую поверхность цоколя от остатков стекла и клея, которым к нему была приклеена колба. При этом стараемся не изменить форму цоколя — он должен остаться круглым. Работать необходимо очень осторожно, чтобы не порезаться осколками стекла и желательно в защитных очках, чтобы не поранить осколками глаза.

Затем склеиваем простейшее приспособление. Из любого твёрдого листового материала толщиной 2...3 мм (гетинакса, текстолита или другого пластика) вырезаем три детали: квадрат размерами 50×50 мм и два прямоугольника шириной 5...10 мм и длиной 50 мм. Квадратная пластина будет служить основанием. На неё приклеиваем параллельно с зазором около 2,8 мм между ними прямоугольные пластины. Это направляющие, между которыми будем укладывать светодиоды.

Зазор нужно выдержать таким, чтобы уложенные в него светодиоды можно было передвигать с небольшим усилием. Удобнее всего для сборки приспособления использовать термоклей, так как пока он остывает, положение направляющих можно корректировать.

Кладём между направляющими десять светодиодов выводом анода следующего плотно к выводу катода предыдущего. У светодиодов в корпусе 3528 вывод катода находится у скошенного угла корпуса. Затем наносим на каждую пару соприкасающихся выводов по капле нейтрального флюса и маломощным паяльником производим пайку. Паять нужно быстро, чтобы не перегреть светодиоды. Желательно проверить готовую полоску, подав на неё постоянное напряжение 30...32 В, соблюдая полярность. Все светодиоды должны светиться.

Всего делаем шесть полосок, каждая из десяти светодиодов, соединённых последовательно. Затем кладём полоски параллельно так, чтобы рядом с положительным выводом первой из них оказался отрицательный вывод второй, а рядом с плюсом второй — минус третьей и так далее и соединяем их пайкой. Получаем модуль размерами 35×18 мм из 60 светодиодов, соединённых последовательно.

К свободным выводам первого и последнего (шестидесятого) светодиода припаиваем отрезки выводов от старых транзисторов МП25, МП26, МП38—МП42. Выводы этих транзисторов изготовлены из сплава, хорошо проводящего электрический ток, но плохо проводящего тепло. Конечно, можно использовать обычный одножильный монтажный провод, но есть вероятность, что в момент припаивания вывода к плате он отпаяется от светодиода.

Далее из фольгированного с одной стороны текстолита вырезаем плату шириной 20 мм и длиной 45 мм. При этом один из узких краёв платы сужаем до ширины около 17 мм на длину 5 мм — этим краем плата будет вставлена в цоколь от лампы накаливания. Подгоняем этот размер, понемногу стачивая плату надфилем и постоянно примеряя её к цоколю. Нужно добиться того, чтобы плата вставлялась в цоколь с заметным усилием и прочно удерживалась в нём. Приклеивать её не следует, потому что после ввинчивания лампы в патрон холодильника положение платы придётся корректировать, поворачивая её относительно цоколя, чтобы направить свет в холодильную камеру.

После того как плата подогнана к цоколю, кладём на неё со стороны, где нет фольги, изготовленный светодиодный модуль, размечаем отверстия под его выводы и сверлим их. Затем вырезаем в фольге печатные проводники, соединяющие светодиодный модуль, диодный мост и гасящие резисторы в соответствии с принципиальной схемой лампы. Отверстия для выводов моста VD1 и резисторов R1, R2 не сверлим, а припаиваем их к фольге "внакладку".

Рис. 2

Рис. 3

Можно установить параллельно светодиодному модулю сглаживающий оксидный конденсатор ёмкостью 10...20 мкФ на 400 В, но заметного возрастания яркости светодиодов это не даёт (я проверял), а их мерцание с частотой 100 Гц в отсутствие конденсатора для глаз незаметно.

Вместо моста КЦ407А подойдут четыре любых диода с допустимыми обратным напряжением не менее 300...400 В и выпрямленным током не менее 50 мА.

Многожильным изолированным проводом соединяем свободный вывод диодного моста с винтовой частью цоколя, а свободные выводы резисторов R1 и R2 — с его центральным контактом. Провода, идущие к цоколю, должны иметь небольшой запас по длине, чтобы была возможность проворачивать плату относительно цоколя для регулировки лампы после установки в холодильник. Собранная лампа показана на **рис. 2**.

Перед ввинчиванием в патрон холодильника проверяем лампу на столе. При безошибочном монтаже она загорается сразу после подключения к сети. Если лампа не загорелась, ищем ошибку. Обычно это неправильная полярность включения одного или нескольких светодиодов или соединения диодного моста со светодиодным модулем. ***Правила работы при сетевом напряжении 230 В см. на с. 54***.

В заключение, ввернув лампу в патрон холодильника, корректируем направление светового потока, поворачивая плату в цоколе. При этом следует соблюдать осторожность, поскольку прикосновение к токоведущим частям лампы, которые находятся под напряжением сети, небезопасно.

Чтобы защититься от случайного поражения электрическим током при эксплуатации лампы, нужно изготовить для её платы кожух из полиэфирного листа, широко используемого для блистерной упаковки различных товаров, или другой подобной прозрачной пластмассы.

Возьмём ровный отрезок листа выбранного для кожуха материала толщиной 0,3...1 мм и размерами не менее 80×60 мм. Нарисуем на нём маркёром для нанесения надписей на компакт-диски развёртку параллелепипеда шириной 21, толщиной 14 и высотой 40 мм. Не забудем предусмотреть в нужных местах клапаны для склеивания. Чтобы сгибы получились ровными, их линии продавливаем обратной стороной ножа. Если материал толстый (около миллиметра), места сгиба лучше надрезать на глубину около трети толщины.

Вырезав развёртку, согнём из неё параллелепипед и склеим его. Лучше использовать для этого термопистолет, тогда процесс склеивания займёт минимум времени, склейка будет прозрачной и выглядеть аккуратно. Надев получившийся кожух на плату, закрепим его двумя каплями термоклея. Время изготовления кожуха по этому способу — 15...20 мин.

Второй вариант кожуха, представленный на фотоснимке **рис. 3**, сделан из коробочки от конфет "tic-tac", которые очень популярны и продаются во всех магазинах, павильонах и ларьках. Её размеры идеально подходят для изготовления кожуха. Коробочку нужно обрезать на длину 40 мм, затем сделать всего два разреза, один сгиб и одну склейку — и кожух готов. Время изготовления этого варианта кожуха ещё меньше — 5...10 мин.

Гасящие резисторы выбраны так, что ток через светодиоды почти в два раза меньше допустимого, поэтому светодиодам не страшны колебания сетевого напряжения в сторону увеличения. А небольшое уменьшение яркости при снижении сетевого напря-

жения не играет никакой роли при освещении камеры холодильника. Впрочем, у лампы накаливания при снижении питающего напряжения яркость тоже уменьшается.

Яркость изготовленной лампы легко можно увеличить практически в два раза, уменьшив сопротивление гасящих резисторов (лучше подбирать их опытным путём). Но увеличивать ток через светодиоды более чем до 15 мА не стоит, иначе при повышенном сетевом напряжении он может превысить 20 мА. Лампа, конечно, не перегорит, поскольку дверцу холодильника открытой долго не держат, но каждая перегрузка будет понемногу снижать срок службы светодиодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Тертышник Э.** Простая светодиодная лампа для лестничной площадки. — Радио, 2010, № 8, с. 46.

2. **Мороз К.** Экономичная светодиодная лампа для лестничной площадки. — Радио, 2013, № 12, с. 30.

3. **Нечаев И.** Сетевая лампа из светодиодов фонаря. — Радио, 2013, № 2, с. 26.

Мегомметр — приставка к мультиметру

С. ГЛИБИН, г. Москва

Эта простая в повторении приставка совместно с мультиметром серии 83х, имеющим максимальный предел измерения активных сопротивлений 2 МОм, позволяет напрямую измерять сопротивления резисторов и высокоомных цепей до 20 МОм. Дополнительный источник питания для приставки не требуется.

Известно, что недорогие и популярные среди радиолюбителей мультиметры серии 83х без дополнительных узлов или вычислений не позволяют измерять активное сопротивление более 2 МОм. Предлагаемая приставка расширяет пределы измерения до 20 МОм. Значение измеренного сопротивления отображается на дисплее мультиметра. Как и в других разработанных автором приставках, питание (+3 В) на неё поступает от внутреннего стабилизатора микросхемы АЦП мультиметра.

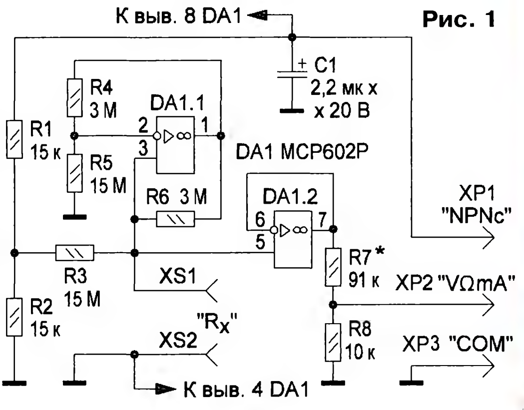


Рис. 1

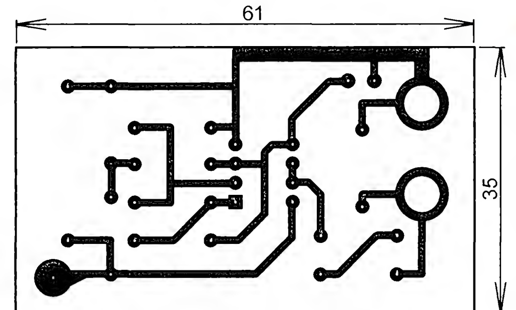


Рис. 2

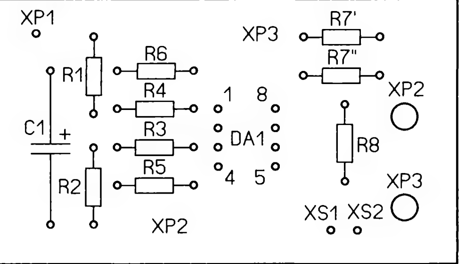


Рис. 3

Рис. 4

Схема приставки приведена на **рис. 1**. На ОУ DA1.1 и резисторах R3—R6 собран источник тока (ИТ) по схеме, известной в радиотехнической литературе как ИТ Хауленда (Howland). Автор уже применял такой узел в своей более ранней разработке [1]. Расчёт его выходного тока производят исходя из следующих условий: R3 = R5, R4 = R6 для удобства их последующей подборки; ток через резистор R6 равен алгебраической сумме токов через резистор R3 и измеряемый резистор R_x; входные токи ОУ DA1 пренебрежимо малы. ОУ охвачен глубокой ООС по постоянному току через делитель R4R5, поэтому на его обоих входах (инвертирующем и неинвертирующем) устанавливаются равные напряжения, если выходное напряжение меньше максимального при заданном напряжении питания. В этом случае выходной ток ИТ ($I_{вых}$) будет равен: $I_{вых} = U_{R2}/R3$, где U_{R2} — напряжение на выходе резистивного делителя R1R2 (т. е. на резисторе R2). Это напряжение служит для ИТ образцовым, поскольку сопротивление резистора R2 существенно меньше сопротивления резистора R3.

Выходной ток ИТ выбран равным 0,1 мкА, и его вполне достаточно для измерения сопротивления резисторов до 20 МОм, поскольку падение напряжения на нём при этом не превысит 2 В, что меньше напряжения питания приставки (3 В). С указанными на схеме сопротивлениями резисторов R3—R6 ОУ DA1.1 гарантированно работает в линейном режиме, обеспечивая высокую стабильность и постоянство выходного тока ИТ, протекающего через измеряемый резистор R_x, а значит, и высокую линейность зависимости падения напряжения на измеряемом резисторе или цепи. Это напряжение поступает на вход буферного усилителя, выполненном на ОУ DA1.2 (входное сопротивление — не менее 1 ГОм) с единичным коэффициентом усиления по напряжению. Для сопряжения с мультиметром служит резистивный делитель напряжения R7R8, который уменьшает напряжение на выходе ОУ DA1.2 в десять раз. С выхода делителя оно поступает на вход "VΩmA" мультиметра для последующего измерения.

Ток потребления приставки практически равен току потребления микросхемы DA1. Погрешность измерения сопротивлений в интервале от 2 до 19,99 МОм — не более 3 %.

Приставка собрана на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита, её чертёж показан на **рис. 2**, расположение на ней элементов — на **рис. 3**. ОУ MCP602 можно заменить отечественными ОУ КР1446УД4А (в корпусе DIP8) [2]. При замене на другой ОУ Rail-to-Rail следует учитывать, что его входы должны быть выполнены на полевых транзисторах (входное сопротивление — не менее 1 ГОм), минимальное напряжение питания — не более 3 В и ток потребления (на корпус) — не более 3 мА. Для уменьшения погрешности при измерении сопротивлений менее 2 МОм напряжение смещения нуля не должно превышать 1...2 мВ. Блокировочный конденсатор C1 — танталовый К53-1, резисторы — МЛТ, С2-33, высокоомные — КИМ. Пары резисторов R3 и R5, R4 и R6 следует отобрать с помощью мультиметра с отклонением сопротивления не более 1 % в каждой паре. При этом отклонение сопротивления от номинального на точность измерения не влияет — важно их равенство. Сопротивления в каждой паре можно уменьшить до 1,5 МОм и 300 кОм соответственно. При этом напряжение на резисторе R2 необходимо уменьшить исходя из равенства U_{R2}(В) = 0,1×R3 (МОм). Например, если R3 = R5 = 1,6 МОм, R4 = R6 = 330 кОм, то R1 = 27 кОм, R2 = 1,6 кОм. Штырь XP1 — подходящий от разъёма или отрезок лужёного провода подходящего диаметра. Отверстие под него в плате сверлят "по месту" после установки штырей XP2, XP3. Штыри XP2 и XP3 — от щупов для мультиметра. Входные гнёзда XS1, XS2 — клеммник винтовой ED350V-02P фирмы DINKLE или подобный.

При работе с приставкой переключатель рода работ мультиметра устанавливают в положение измерения постоянного напряжения на пределе "200mV". Перед калибровкой во избежание выхода из строя внутреннего стабилизатора +3 В АЦП приставку сначала подключают к автономному источнику питания напряжением 3 В (можно использовать два гальванических элемента по 1,5 В, соединенных последовательно) и измеряют потребляемый ток, который не должен превышать 3 мА, а затем подключают к мультиметру. Далее проводят калибровку, подключив к гнёздам XS1, XS2 "R_x" резистор сопротивлением несколько мегаом с заведомо измеренным сопротивлением или классом точности не хуже 1 %. Подборкой резистора R7 добиваются нужных показаний на индикаторе. Показания с учётом запятой делят на десять. Обратите внимание, что для облегчения калибровки резистор R7 на плате составлен из двух, соединённых последовательно. На рис. 3 они обозначены как R7′ и R7″.

На фотографии (**рис. 4**) показана подключённая к мультиметру приставка при измерении резистора КИМ-0,125 с номинальным сопротивлением 15 МОм и допустимым отклонением от номинала ±10 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Глибин С.** LC-метр — приставка к мультиметру. — Радио, 2014, № 8, с. 21—24.

2. КР(КФ)1446УДхх операционные усилители. — URL: **http://www.qrz.ru/reference/micro/datasheet/1446ud.pdf** (16.03.15).

Осторожно! Электрический ток!

Изготавливая, налаживая и эксплуатируя электронные самоделки, вам постоянно приходится иметь дело с электрическим током. Не думайте, что это всегда безопасно – малейшее несоблюдение мер предосторожности может привести к неприятным и даже трагическим последствиям. Вот почему важно знать о действии тока на организм человека и предпринимать всё возможное, чтобы избежать поражения током.

Установлено, что ток около 0,01 А уже вызывает раздражение нервной системы и даже судороги. Если же через тело человека протекает ток 0,03 А, мышцы могут потерять способность сокращаться, а при токе 0,06 А наступает паралич дыхательных органов. Смертельным считается ток около 0,1 А.

Известно, что при одинаковом напряжении через проводник с меньшим сопротивлением потечёт больший ток, и наоборот. Так и с человеком. У одного электрическое сопротивление большое и его может лишь слегка ударить при касании провода, находящегося под напряжением. Другого же в этом случае парализует.

Сопротивление тела человека зависит от влажности его кожи в данный момент, состояния нервной системы, усталости и может изменяться в сотни раз, колеблясь от единиц до сотен килоом. Стоит человеку с минимальным сопротивлением попасть под сетевое напряжение 230 В, подведённое к розетке, – и через его тело потечёт ток, который окажется смертельным. Безопасным для человека в обычных комнатных условиях будет любой источник напряжением до 36 В.

Имеет значение и путь тока. Наиболее опасный – от руки до руки, поскольку он пролегает через область сердца. Менее опасен путь правая рука – левая нога, а также правая рука – правая нога. Недаром опытные радиоинженеры, проверяя установки с опасным для жизни напряжением, стараются держать левую руку свободной или вовсе убрать её в карман, работая в напряжённой ситуации только правой рукой.

Хотя на смену ламповым конструкциям с высоковольтным анодным напряжением давно пришла полупроводниковая электроника с низковольтным питанием, опасность поражения электрическим током осталась. Вы подвергаетесь ей, включая паяльник, выпрямитель, мощный усилитель, стробоскоп или другую подобную конструкцию. Уже здесь нужно помнить о мерах предосторожности и держать сетевую вилку так, чтобы пальцы не касались её металлических штырьков. А если сетевой шнур в каком-то месте перетёрся и проглядывает медная жила, срочно оберните это место изоляционной лентой или замените шнур.

В конструкциях, питающихся от сети через разделительный понижающий трансформатор, опасное напряжение будет на выводах выключателя и держателя предохранителя, а также выводах первичной обмотки трансформатора. Эти выводы после подпайки проводников защитите отрезками поливинилхлоридной трубки или изоляционной ленты. Выключатель питания в этом случае должен быть рассчитан на сетевое напряжение и потребляемый конструкцией ток и иметь хорошую изоляцию между выводами и ручкой (у большинства выключателей-тумблеров она металлическая). Естественно, ни один из сетевых проводов не должен соединяться с общим проводом конструкции.

Особую опасность представляют конструкции с бестрансформаторным питанием или конструкции, в которых по условиям работы общий провод гальванически соединён с сетью (например, в некоторых устройствах на микросхемах, содержащих цифровые газоразрядные индикаторы). В этом случае корпус конструкции желательно изготовить из изоляционного материала, а если это невозможно, тщательно изолировать от металлического корпуса переменные резисторы, переключатели и другие органы управления (их можно устанавливать на монтажной плате внутри корпуса, а к оси прикреплять удлинительную втулку из изоляционного материала). На них надо надеть ручки из хорошего изоляционного материала. Винты крепления ручек не должны выступать наружу. Металлический корпус ни в коем случае нельзя соединять с общим проводом конструкции. Монтаж внутри подобного корпуса должен быть выполнен так, чтобы ни один из выводов деталей или концов соединительных проводов не мог коснуться корпуса.Проверяя в сетевых конструкциях режим работы деталей, подключайте один из щупов измерительного прибора к общему проводу заранее, до включения конструкции в сеть (особенно это относится к устройствам с бестрансформаторным питанием). При необходимости заменить деталь или перепаять проводники обесточивайте конструкцию и вынимайте вилку из розетки, а также разряжайте конденсаторы большой ёмкости в цепях питания или конденсаторы, выполняющие роль гасящих в бестрансформаторном выпрямителе, через резистор сопротивлением 5...10 кОм.

Перед первым включением в сеть проверьте омметром качество изоляции между штырьками сетевой вилки и корпусом конструкции. Если оно менее 10 МОм при какой-нибудь (проверьте обе!) полярности подключения щупов омметра, отыщите неисправность и устраните её. Такую проверку делайте периодически.

При работающей конструкции не дотрагивайтесь руками до выводов деталей, а если нужно подобрать режим, например, подстроечным резистором, пользуйтесь отвёрткой с хорошей изоляционной ручкой. Никогда не работайте усталым – электрическое сопротивление такого организма понижено, внимание ослаблено, реакция замедлена.

Вот основные ***ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТЫ***, соблюдение которых **обязательно** для каждого радиолюбителя.

E-mail: mail@radio.ru

9 мая — День Победы

U1AU — ветеран Великой Отечественной...

Николай САШЕНИН (RV1AQ), г. Санкт-Петербург

Позывной любительской радиостанции U1AU принадлежит одному из старейших коротковолновиков нашей страны, участнику Великой Отечественной войны Олегу Степановичу Ключарёву. Вся жизнь этого заслуженного человека связана с радио.

В самом конце 20-х годов прошлого века в Тбилиси, где тогда жила его семья, Общество друзей радио открыло курсы коротковолновиков. По окончании школы Олег прошёл на них полный курс обучения и "заболел" короткими волнами на всю жизнь. Он успешно закончил их в августе 1931 г. и вскоре получил наблюдательский позывной RK-4053. В 1932 г., уже в Ленинграде, Олег вышел впервые в эфир на личной радиостанции EU3GM. После смены в стране позывных любительских радиостанций он стал U1AU. Этот позывной вернулся к нему со временем и после войны.

Но это радиолюбительство, а по профессиональной линии после окончания Морского техникума (бывшее Петровское морское училище на Васильевском острове) он попал в Институт Арктики и Антарктики и был направлен на зимовку в Певек на Чукотку. В 1939 г. он начинает службу в армии (в Севастополе) и вскоре становится преподавателем в морской школе связи, где и встретил начало войны. В декабре 1941 г. его отзывают на "большую землю" для подготовки военных радистов. Из школы связи преподавательский состав регулярно направлялся в действующую армию для получения практики, и Олег Степанович попал на эсминец "Беспощадный", в составе которого принял участие по высадке десанта на Малую землю. После высадки десанта он возвращается в школу связи, но через несколько месяцев вновь попадает на передовую, на этот раз в бригаду торпедных катеров. В начале 1944 г. Олег Степанович попадает в 83-ю морскую бригаду, в составе которой он продолжил свою службу и участие в боевых действиях по освобождению Крыма. Последней боевой операцией, в которой принимал участие Олег Степанович, было освобождение Севастополя, в котором он прослужил до конца войны. За участие в Великой Отечественной войне он награждён орденом Красной Звезды и медалями "За оборону Севастополя", "За оборону Северного Кавказа" и "За победу над Германией".

Олег Степанович Ключарёв (U1AU).

После демобилизации Олег Степанович вернулся в Ленинград, где два года проработал на приёмной радиостанции пароходства. Но вскоре начинает плавать на различных гражданских судах и даже попадает почти в "кругосветку" — перегоняли теплоход "Сибирь" из Ленинграда на Дальний Восток.

В 1957 г. в Ленинграде при пароходстве создаётся КБ, которое приняло заказ на изготовление радиоаппаратуры для Антарктиды, и Олега Степановича назначают начальником ОТК. Проработав два года в КБ, Олег Степанович добился, чтобы его зачислили в состав пятой антарктической экспедиции в качестве инженера радиоотряда. По тому времени это была самая длительная из всех экспедиций в Антарктиду. По возвращении из Антарктиды Олег Степанович работает в службе связи Балтийского пароходства в Ленинграде, а с 1963 г. становится начальником Службы связи и электрорадионавигации.

Олег Степанович — человек действительно уникальный. И можно только позавидовать его отношению к жизни! В свои 99 лет (100 будет 29 мая!) уверенно работает на компьютере, пользуется "Скайпом" и находится на связи со всем миром. Будучи кандидатом в мастера спорта, даже в этом возрасте иногда участвует в соревнованиях среди радиолюбителей. ■

9 мая — День Победы

Связь в Красной армии — Великая Отечественная...

Константин БУРОВСКИЙ, г. Рязань

Возвращаясь к событиям 70-летней давности, нельзя не отметить вклад связистов в нашу победу в Великой Отечественной войне. Недостатки в организации связи были одной из причин, из-за которых сложилась трудная, временами трагическая ситуация в начале войны. С другой стороны, ликвидация этих недостатков позволила нашим войскам успешно идти на запад во второй её половине. О радиосвязи в Красной Армии рассказывается в статье старшего преподавателя Рязанского высшего военного воздушно-десантного училища Константина Михайловича Буровского.

Великая Отечественная война была трудным, но и в то же время славным героическим периодом в истории нашей Родины. Наиболее сложным для Вооружённых сил и всего народа был первый её период. В 1941 г. в мире не было рецептов лечения "блицкригов", а вермахт уже имел двухгодичный боевой опыт и полностью отмобилизованную армию. Более того, победы вермахта были одержаны не только над слабым противником, но и над армиями таких стран, как Франция и Англия. И были они достигнуты за счёт умелой организации и грамотного использования танковых сил — основного средства ведения маневренной войны. А взаимодействие различных родов войск — пехоты, артиллерии и авиации с танками было в немецкой армии на недосягаемой для англо-французских союзников высоте.

За три месяца с начала Великой Отечественной войны гитлеровские силы вторжения практически разрушили войсковую структуру Красной Армии мирного времени, уничтожили или повредили бо́льшую часть имевшегося вооружения и техники. Но это не был просто победный марш вермахта от западных границ Советского Союза до Ленинграда, Москвы и Ростова. Красная Армия проводила многочисленные контратаки, контрудары и контрнаступления, тем самым сорвав планы "блицкрига". Успехи Красной Армии зимой 1941 г. под Тихвином, Москвой и Ростовом имели важное военно-политическое значение, показали, что перспективы победы у вермахта туманны.

Однако в 1941 г. Красная Армия оказалась не готова к ведению маневренных военных действий высокой интенсивности. Стало ясно, что без связи невозможно обеспечить устойчивое управление войсками.

По довоенным взглядам, основным средством управления войсками считалась проводная связь. Но общегосударственная проводная сеть была развита недостаточно и не могла обеспечить потребности даже фронтового и армейского звена управления. Опыт начального периода войны показал большие преимущества радиосвязи. Она была зачастую единственным средством управления при ведении маневренных боевых действий и действий в тылу врага. Но также выявились большие недостатки в её использовании, которые зависели как от штабов и командиров, так и от самой радиосвязи. Это была, в частности, "радиобоязнь" — зачастую многие штабы различных звеньев управления из-за незнания природы распространения радиоволн, возможностей пеленгаторов противника того времени считали, что работа на радиостанции в месте размещения пункта управления обязательно вызовет налёт авиации врага. Кроме того, присутствовало неумение пользоваться шифрами и кодами.

Иван Терентьевич Пересыпкин — первый маршал войск связи СССР.

Неудовлетворительная работа самой связи объяснялась отсутствием единого чётко установленного порядка распределения частот, слабой радиодисциплиной, недостаточным опытом использования имеющейся техники в сложных боевых условиях, слабой подготовленностью радистов к самостоятельной работе и большим некомплектом средств связи в войсках. Всё это негативно сказывалось на управлении войсками и в конечном итоге на результатах боевых действий наших войск.

22 июля 1941 г. И. В. Сталин вызвал к себе наркома связи И. Т. Пересыпкина и назначил его начальником Управления связи Красной Армии с сохранением поста наркома связи. Причём Иван Терентьевич получил полномочия заместителя наркома обороны, т. е. заместителя самого И. В. Сталина. Никогда — ни ранее, ни позже военачальник-связист не имел таких полномочий. Уже на следующий день И. В. Сталин подписал подготовленный И. Т. Пересыпкиным приказ "Об улучшении связи в Красной Армии". Для устранения недостатков в организации управления войсками и связи по опыту боевых действий первых месяцев был проведён ряд мероприятий и выпущен приказ НКО от 16.08.1941 г. "О недостатках в организации управления войсками".

Приказы НКО и Ставки изменили взгляд на радиосвязь, повысили ответственность командиров и штабов за её организацию и обеспечение в ходе операций. Основные положения, заложенные этими документами, действовали до конца войны. В частности, в приказе Народного Комиссара Обороны говорилось: "Хорошо налаженная связь — залог победы над врагом..."

В приказах требовалось обеспечить организацию работы пунктов управления войсками. Предусматривалось иметь несколько пунктов управления войсками, начиная от полка, за счёт эшелонирования (деления) сил и средств аппарата управления, приближение пунктов управления к войскам, повышение качества маскировки и сокращение сроков пребывания на одном месте. Для обеспечения непрерывности управления перемещение штабов разрешалось только старшим начальником (ночью и при готовности связи на новом месте размещения пункта управления). Были введены личные радиостанции командиров.

Сложно представить, с какими трудностями сталкивались связисты 1-й ударной армии Западного фронта, которые имели к началу наступления в битве под Москвой в сети 23 радиостанции соединений армии, а они не только поддерживали связь в этих условиях, но и обеспечивали управление войсками. Особенностью организации связи в битве под Москвой было широкое использование маломощных КВ-радиостанций типа "Север" и "РБ" для связи на большие расстояния. Радиоузел Западного фронта одним из первых стал работать по принципу радиобюро, когда непосредственно на командном пункте размещались радиоприёмники, средства дистанционного управления передатчиками и коммутационная аппаратура. Передатчики располагались в нескольких километрах от пункта управления.

В начале войны не на каждом самолёте и танке имелась радиостанция. Эвакуация заводов привела к тому, что на выпускаемых танках не ставились радиостанции с августа 1941-го по июнь 1942 г. Но начиная с середины войны, заработали эвакуированные и вновь построенные заводы на востоке страны. Подвижные

войска и авиация Красной Армии насыщались оружием и средствами связи.

В зимней кампании 1942—1943 гг. окончательно оформилась организация радиосвязи взаимодействия авиации и наземных войск. Эта радиосвязь осуществлялась через авиационного представителя, прибывшего на НП командира со своими средствами связи и обеспечивавшего связь с аэродромами и самолётами в воздухе. Связь пехоты и ния диапазонов частот и радиосредств между родами войск и типами радиостанций. Была подтверждена необходимость комплексного использования различных видов связи для обеспечения непрерывности управления.

При высоких темпах наступления свыше 30 км в сутки появилась практика применения подвижных узлов связи армии и фронта. Особое внимание при форсировании широких водных преград насыщенности средствами связи передовых подразделений специальным полевым кабелем, средствами связи и батареями с одновременной защитой их от проникновения воды. Впервые использовались радиорелейные средства в качестве вставки в кабельную линию через Днепр.

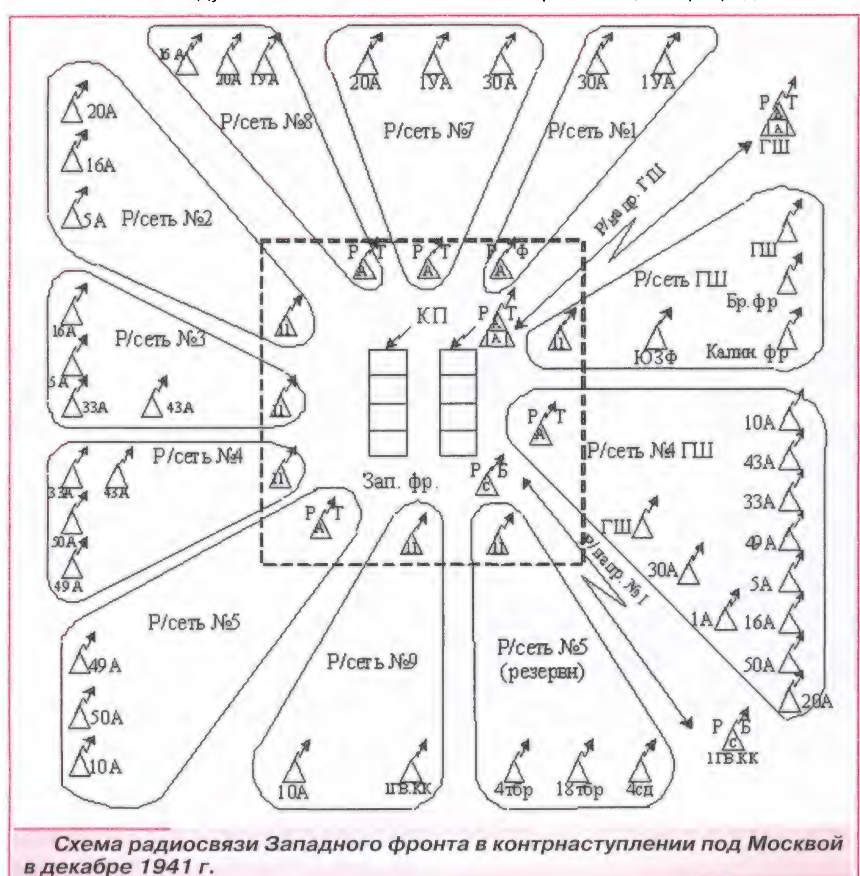


Схема радиосвязи Западного фронта в контрнаступлении под Москвой в декабре 1941 г.

артиллерии с танками обеспечивалась включением приёмников пехоты и артиллерии в сети танковых частей и соединений, а также через передовых артиллерийских наблюдателей. Большое значение имела при окружении войск врага сеть встречного взаимодействия.

В осенне-летней кампании 1943 г. в битвах под Курском и форсировании Днепра войска связи обеспечивали управление в условиях упорной обороны и последующего за ней контрнаступления, форсирования широкой водной преграды, главным образом с ходу, и удержания плацдармов на противоположном берегу. Это потребовало проведение ряда организационных мероприятий по связи в сложных условиях. Ввиду увеличившихся расстояний между ГШ и фронтами формировались для решения этих задач узлы связи специального назначения. В битве под Курском заблаговременно была подготовлена широкая сеть пунктов управления, оборудованных средствами связи, которая позволяла управлять войсками как в ходе обороны, так и при переходе в контрнаступление. Формировалась система распределе-

В третьем периоде войны — зимней (1944 г.), летне-осенней (1944 г.) и кампании 1945 г. — были проведены 12 стратегических наступательных операций, которые осуществлялись одновременно на нескольких стратегических направлениях. Наступательные операции отличались высокими темпами наступления, большой глубиной фронтальных ударов, окружением крупных стратегических и оперативных группировок противника. Управление войсками усложнялось, во многих операциях советские войска наносили удары по сходящимся направлениям с целью окружения и уничтожения его ударных группировок. В связи с возросшими темпами наступления увеличилось расстояние между пунктами управления, операции, как правило, проводились силами фронтов с введением в сражения крупных сил подвижных соединений. Действия сухопутных сил поддерживала авиация и военно-морской флот. Боевые действия велись от Баренцева моря на севере до Карпат на юге. По-новому заработали штабы и командиры, увеличился объём информации, проходивший через систему связи.

Этот период войны ознаменовался блестящими победами Красной Армии, завершением полного разгрома фашистской Германии. При проведении операций этого периода особое значение приобретали обеспечение связи в исходном районе и подготовка к её развитию на большую глубину, обеспечение связи между подвижными войсками и общевойсковыми соединениями. Вопросу подготовки войск связи и средств связи к предстоящим операциям уделялось большое внимание, особенно тщательно отрабатывались вопросы встречного взаимодействия, связь с подвижными войсками, действия при потере проводной связи.

Сосредоточение огромного количества радиостанций на ограниченных участках местности осложняло распределение радиоданных. Поэтому возросла роль УКВ-станций, которые позволяли значительно увеличить количество радиочастот, находящихся в распоряжении начальников связи. Радиосвязь организовывалась по направлениям. Усовершенствование техники радиосвязи позволило широко использовать в объединениях буквопечатание по радио, как наиболее надёжный вид связи на дальние расстояния. Связь использовалась комплексно, применение радиосвязи не означало отказ от проводной связи, которая широко использовалась в исходном положении, при прорыве тактической обороны, на плацдармах, в городах при форсировании водных преград.

Руководство страны, Ставка Верховного главнокомандования, Народный Комиссариат Обороны уделяли постоянное внимание совершенствованию войск связи, в том числе росту их удельной численности и оснащённости новыми средствами. Если в начале войны удельный вес войск связи был 5 % от численности Красной Армии, то к концу войска связи составляли 10 %, при этом части связи обеспечивались новыми совершенными образцами средств связи всё в больших количествах.

Войска связи копили боевой опыт по обеспечению связи во всех звеньях управления, обеспечивая устойчивое управление войсками в разнообразных условиях.

Президент США Ф. Рузвельт 21 июля 1944 г. в телеграмме Верховному Главнокомандующему И. В. Сталину писал: *"Стремительность наступления Ваших армий изумительна, и я очень желал бы иметь возможность посетить Вас, чтобы посмотреть, как Вам удаётся поддерживать связь с наступающими войсками и обеспечивать их снабжение."*

От автора. Использованная литература: ***Нечаев Н. Г.*** *Организатор военной связи. — Электросвязь: история и современность, 2005, № 2; История военной связи. — М.: Военное издательство, 1989; История развития войск связи. Учебное пособие. — Л.: ВАС,1977;* ***Белов А. И.*** *Воспоминания маршала войск связи. — С.-Пб.: ЗАО "Издания Максимова", 2000.*

Первая в мире радиограмма

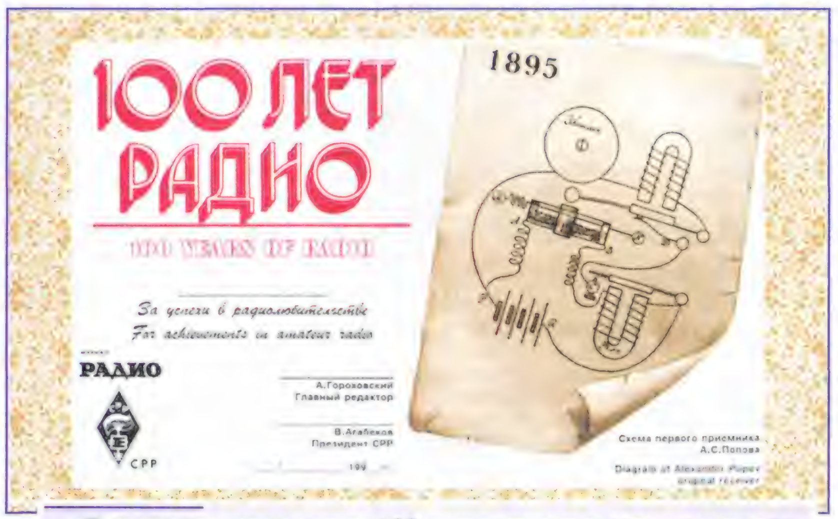
Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

В этом году мы отмечаем 120-летие открытия радио (радиосвязи). Союз радиолюбителей России учредил в связи с этим событием четыре радиолюбительских диплома и памятную плакетку (***их фото приведены на 2-й странице обложки*** этого номера) и провёл в апреле месячник активности по радиосвязи на коротких и ультракоротких волнах.

Надо прямо сказать, что первое время радиосвязь носила чисто экспериментальный характер — было интересно, как далеко могут распространяться радиоволны. А первая практическая радиограмма ушла в эфир только в 1900 г. И в память об этом событии в финском городе Котка (в то время это была Российская Империя) установлен памятник Александру Степановичу Попову. Вот как это было...

Поздней осенью 1899 г. из Кронштадта в большой поход вышел броненосец "Адмирал Апраксин". Но так случилось, что этот поход прервался в самом начале — броненосец сел на камни у южной оконечности острова Гогланд. Его надо было снять с них до начала ледохода в Финском заливе, а для проведения этих работ в короткие сроки требовалась надёжная связь. По подсчётам морского командования организация телеграфной связи между Гогландом и побережьем требовала примерно 53 тыс. рублей. Немало по тем временам.

И тут вспомнили об экспериментах по "беспроволочному телеграфу" Александра Степановича Попова. Он взялся установить две радиостанции (одна — на берегу, другая — на острове) всего за 10 тыс. рублей. Было дано "добро", и работа закипела.

Памятник Александру Степановичу в финском городе Котка (фото с сайта qrz.ru).

Памятный диплом в честь 100-летия открытия радио, учреждённый журналом "Радио" и Союзом радиолюбителей России.

В конце декабря одна группа радистов прибыла в Котку и под руководством А. С. Попова начала сооружать береговую радиостанцию. Её установили не в самом городе, а на близлежащем маленьком островке Кутсало, связанным с материком обычной телеграфной линией. А вторая группа (ею руководил П. Н. Рыбкин — помощник А. С. Попова) выехала в Ревель (теперь Таллинн), где подготовила антенное хозяйство и разборный домик для островной радиостанции. Пришлось ещё и подождать прихода ледокола "Ермак" — лёд в заливе был уже "серьёзный". В начале февраля радиостанция на острове, несмотря на сорокаградусный мороз и сильный ветер, была тоже готова к работе. Все переживали — получится ли радиосвязь на расстоянии немногим больше сорока километров? Ведь в Кронштадте до этого момента ещё не проводились эксперименты на трассе такой протяжённости!

Но связь была уверенной, и 10 февраля 1900 г. из Котки была получена первая официальная радиограмма. И это было тревожное известие, посланное начальником Главного морского штаба Ф. К. Авеланом: "Командиру "Ермака". Около Лавенсаари оторвало льдину с рыбаками. Окажите помощь. Авелан". Ледокол немедленно вышел в море и к вечеру доставил на остров 27 спасённых рыбаков. Вот так уж распорядилась судьба — первая в мире практическая радиограмма послужила делу спасения людей в чрезвычайной ситуации. А скольким людям радио спасло жизнь за более чем 100 лет уже не сосчитать...

Броненосец был успешно снят с мели, а на острове в память об этом историческом событии уже в наше время установили два памятника: один — гарнизоном Кронштадта, а другой — лидерами радиопромышленности Советского Союза. А сам остров стал притягивать к себе радиолюбителей, которые были рады "побудоражить" радиолюбительский эфир из этого исторического места и напомнить радиолюбительской общественности о страницах славной истории отечественной радиотехники на заре зарождения радиосвязи. К тому же у таких радиоэкспедиций были и чисто радиолюбительские интересы — связи с островной радиостанцией идут в зачёт на несколько радиолюбительских дипломов.

В частности, в дни, когда страна отмечала 150-летие со дня рождения Александра Степановича Попова, большую совместную радиоэкспедицию на остров Гогланд провели Главный радиочастотный центр страны и Союз радиолюбителей России. Во время этой радиоэкспедиции на острове была установлена памятная доска, посвящённая этому событию.

Те наши читатели, у кого есть доступ в Интернет, могут поподробнее познакомиться с жизнью Александра Степановича Попова и его семьи, посетив сайт ***www.pravnuchka.ru/index.html*** его правнучки.

Электронное свидетельство

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

В феврале 2015 г. ФГУП "ГРЧЦ" выдал первые свидетельства об образовании позывного сигнала любительской радиостанции, подписанные усиленной электронной цифровой подписью (ЭЦП). Свидетельство представляет собой комплект из двух файлов, доставляемых радиолюбителю электронной почтой: тестовый файл в формате RTF и бинарный файл электронной подписи. Текстовый файл — это обычный документ, который без проблем распечатывается на принтере. Файл электронной подписи может быть проверен на подлинность на сайте госуслуг. При малейшем изменении в текстовом файле он не будет соответствовать файлу электронной подписи. Так определяется его подлинность.

Считаю, что свидетельство в электронном виде очень удобно для радиолюбителя. Многочисленные копии на разных носителях сводят к нулю риск его потери. Предъявлять представителям власти на территории России его не требуется — для этого есть свидетельство о регистрации РЭС. Что касается использования такого свидетельства за рубежом, то и это предусмотрено. Его можно распечатать в масштабе 50 %, согнуть пополам и заламинировать — получится удобная двухсторонняя карточка, ничем не отличающаяся от аналогичных документов и их копий, выдаваемых в большинстве стран мира.

Вот так выглядит информация об электронной подписи на свидетельстве.

Напомню, что в США, например, бумажная лицензия — это копия, а оригиналом является запись в базу данных FCC.

После подачи заявки по электронной почте ФГУП "ГРЧЦ" образует позывной сигнал, и свидетельство доставляется заявителю той же электронной почтой в течение двух рабочих дней. Это очень удобно.

Форма электронного свидетельства для радиолюбителей принята с участием пожеланий Союза радиолюбителей России.

На официальном интернет-портале правовой информации опубликован Приказ Минкомсвязи № 2 от 31.01.2015, зарегистрированный в Минюсте России 5 марта 2015 г.

Приказом утверждены новые формы "Перечня технических характеристик и параметров излучения РЭС и ВЧУ", прилагающегося к заявлению при регистрации РЭС, а также формы свидетельств о регистрации РЭС и ВЧУ и свидетельств об образовании позывного сигнала опознавания.

В соответствии с п. 3 "Приказа свидетельства о регистрации РЭС и об образовании позывного сигнала опознавания РЭС любительской службы" оформляются на бумажном носителе формата А7 (74×105 мм) или в виде электронного документа, подписанного усиленной квалифицированной электронной подписью.

Таким образом, открывается возможность получения свидетельства о регистрации РЭС в электронном виде на адрес электронной почты заявителя без каких-либо операций по пересылке бумажных документов ФГУП "Почта России".

Россияне и диплом DXCC

Среди сотен радиолюбительских дипломов самым престижным был и остаётся диплом DXCC — "Работал со ста странами", который выдаёт национальная радиолюбительская организация США (ARRL). Список стран и территорий мира, идущих в зачёт на этот диплом, со временем несколько изменяется и из-за изменений в мире, и из-за некоторых коррекций положения о дипломе, которые время от времени осуществляет ARRL.

И если проведение радиосвязей с любительскими радиостанциями 100 стран достаточно для получения базового диплома, среди коротковолновиков и ультракоротковолновиков постоянно существует состязание по установлению QSO с максимально возможным числом стран и территорий мира. Те, кому это удалось, попадают в "Почётный список" (Honor Roll) ARRL. В этот список попадают все, кто смог провести связи со всеми существующими в данный момент странами и территориями мира, а также те, чьи результаты близки к этому предельному результату.

В настоящее время в зачёт на первую строчку Honor Roll идут связи с 340 странами и территориями, а для их "преследователей — с 331 по 339. Приведённые здесь данные по россиянам, входящим в этот список, соответствуют февралю этого года. Цифра после позывного указывает на число стран и территорий с учётом уже несуществующих. Надо отметить, что в этом списке есть и уже ушедшие от нас коллеги, если их результаты до сих пор ещё соответствуют критериям текущего списка Honor Roll.

340

R7LV/348, R9FM/348, RA3DX/349, RA6AR/354, RK3QY/350, RU3FM/348, RW2A/353, RY9C/349, RZ3AM/347, UA0CW/351, UA0ZC/345, UA1CT/353, UA1MU/365, UA3AB/350, UA3AGW/349, UA3AKO/348, UA4CC/352, UA4HBW/357, UA6JD/365, UA9CBO/360, UA9YE/356

339

R1MA/343, R3BM/349, R6AF/350, R8TX/342, R9SG/345, R9TO/344, RA3AUU/346, RA3ZH/344, RA7A/342, RM0F/344, RN3QN/344, RY7G/347, UA3AP/344, UA6A/343, UA9FAR/350

338

R0FA/342, R3OK/341, R5AJ/341, R7AA/341, RG4F/347, RL9F/341, RN3OG/341

337

R3VA/340, R9AB/345, RA0FF/341, RN8W/341, RW4NH/357, UA3LAR/347, UA3TCJ/344, UA6MF/342, UA9LP/340

336

R7DX/339, RN3CT/340, RW3RN/339, RZ4FO/339, UA4LY/339

335

R7LP/337, RA3DNC/339, RK2FWA/356, RN7G/338, RV3ID/338, RW3PZ/338, RZ3DX/338, UA6JW/364, UA9NN/351

334

RA4CA/343, RX4HZ/339, RZ3FW/337, UA4HAU/343, UT5UY/338, UU2JQ/341, UX7UN/343

333

RW0LT/349, RW4CY/337, UA3AIO/336, UA9FGR/341, UA9OR/337

332

RA4HT/335, RA6AF/340, RW5C/335, UA0FZ/340, UA0YAY/334, UA3CT/376, UA3SAQ/335, UA4CX/341, UA4PO/343, UA4RZ/351, UA6FJ/348, UA6LQ/345, UA9LM/341

331

RA9LT/337, RK3AZ/332, RN3D/339, RN3RQ/334, RU3ZX/334, RU9LA/337, RW4C/334, RZ3DJ/334, RZ3EM/334, UA0CA/337, UA1ACG/335, UA4CR/337, UA6XT/335

На сайте ARRL **www.arrl.org**, помимо списка Honor Roll, есть и таблицы достижений по программе диплома DXCC для отдельных диапазонов и видов работы. Наибольший интерес из коротковолновых диапазонов вызывает таблица самого трудного для DX-связей диапазона — 160 метров. Здесь лучший результат (340 стран и территорий) в мире имеет всего один коротковолновик — W8LRL. Россиян в списке тех, кто смог на этом диапазоне преодолеть заветную планку в 100 стран и территорий мира, не так уж мало. Лучший среди них — R7LV, который с результатом 326 стран и территорий занимает 7-е место в мире. Впереди него только коротковолновики североамериканского континента — шесть американцев и один канадец.

Облучатели диапазонов 6 см и 3 см для зеркальной антенны

Иван ШОР (RA3WDK), г. Курск

Последние пять лет наблюдается увеличение радиолюбительской активности на СВЧ-диапазонах. Помимо проверки технических возможностей аппаратуры, вновь возросшему интересу способствовало включение этих диапазонов в планы многих популярных соревнований и создание специальной дипломной программы СРР. Можно сказать, что диапазоны 6 см и 3 см освоены вновь и используются командами в соревнованиях — очно-заочном чемпионате России на УКВ и полевом дне на УКВ. Также уже проведены тестовые QSO на диапазонах 24, 47 и 77 ГГц.

Произошли и качественные изменения в составе типового СВЧ-комплекта аппаратуры, который, в отличие от комплектов времён 70—80-х гг. прошлого столетия, имеет теперь термостабильный опорный генератор, чаще всего привязанный к рубидиевым и GPS-стандартам. Всё это ускоряет процесс нахождения корреспондента на диапазоне. Улучшить рекорды дальности связи на этих диапазонах возможно благодаря использованию современных МШУ и мощных выходных усилителей. В антенно-фидерных трактах, наряду с волноводами, успешно используют коаксиальные СВЧ-кабели с малыми потерями, современные импортные реле с SMA-разъёмами и т. д.

В качестве зеркала антенны многие радиолюбители применяют офсетные зеркала для антенн спутникового телевидения ввиду их относительной дешевизны и доступности. Немаловажное достоинство таких зеркал — возможность удобного совмещения трансвертера и антенно-фидерного тракта в одном корпусе без протяжённой фидерной линии, что снижает общие потери тракта.

Облучателями для таких зеркал служат, как правило, рупоры с прямоугольным или круглым волноводом с шириной диаграммы направленности от 70° до 90° по уровню −10 дБ. Прямоугольный рупор на основе медного волновода соответствующего диапазона в домашних условиях сделать сложнее, чем конический рупор с использованием подходящей медной, латунной и даже алюминиевой трубы. У самых распространённых офсетных зеркал для спутникового телевидения отношение фокусного расстояния зеркала к его диаметру (F/D) лежит в пределах 0,5...0,6, что определяет оптимальный угол облучения около 80...85°. Для этого угла облучения автором были рассчитаны размеры рупоров для диапазонов 6 см и 3 см. Но даже при использовании более длиннофокусного зеркала с отношением F/D до 0,7 возможно применение этих облучателей для работы в Тропо и RainScatter-прохождениях, когда максимум диаграммы направленности антенны находится примерно 10° по углу места и шумы Земли составляют ощутимый уровень в общих шумах приёмной системы.

На **рис. 1** представлен чертёж рупора для диапазона 6 см, на **рис. 2** — для диапазона 3 см. Для волновода диапазона 6 см (частота 5760 МГц) подходят трубы с внутренним диаметром от 33 до 39 мм. Для диапазона 3 см (частота 10368 МГц) выбор медных труб больше. Хорошим вариантом может быть медная водопроводная труба 22×1 или 22×1,5 мм с внутренним диаметром 20 и 19 мм соответственно. Подходящие диаметры труб и соответствующие им размеры А и В для облучателя диапазона 6 см приведены в **табл. 1**, а для облучателя диапазона 3 см — в **табл. 2**.

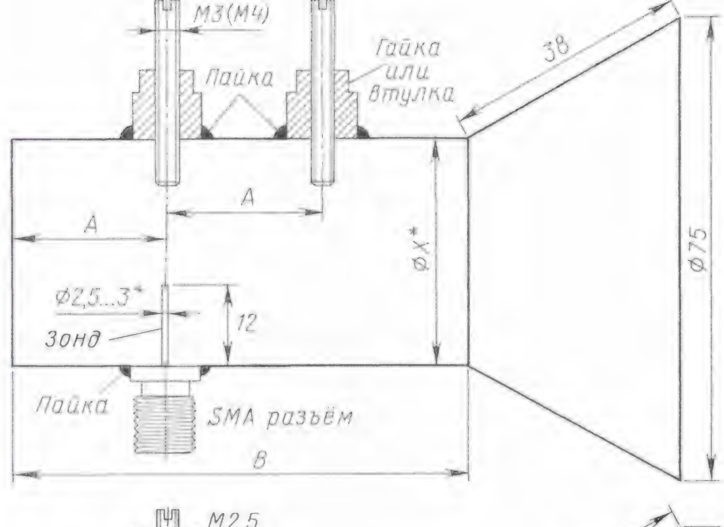


Рис. 1

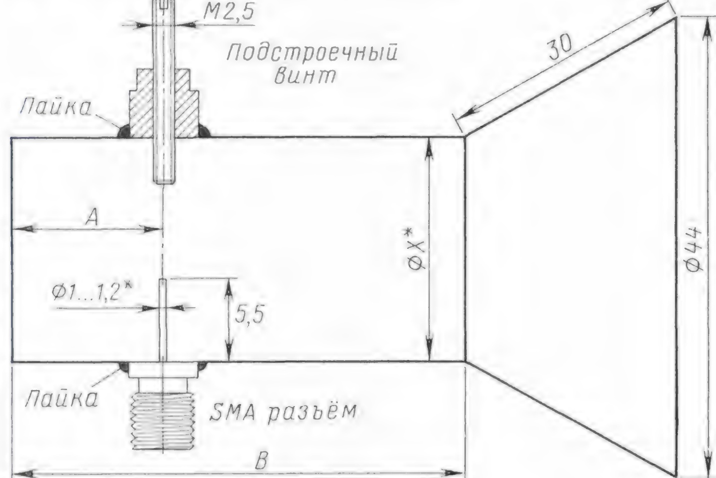


Рис. 2

Таблица 1

Внутр.диаметр трубы Х, мм	33	33,5	34	34,5	35	35,5	36	36,5	37	37,5	38	38,5	39
Размер А, мм	34	31,5	29,5	28	26,5	25,5	24,5	24	23	22,5	22	21,5	21
Размер В, мм	103	95	89	84	80	76,5	73,5	71	69	67	65,5	64	63

Таблица 2

Внутр. диаметр трубы Х, мм	21,5	21	20,5	20	19,5	19	18,5	18	17,5
Размер А, мм	11,5	12	13	13,5	14,5	16	18	21	28
Размер В, мм	35	36,5	38	40,5	43,5	47,5	53,5	63	84

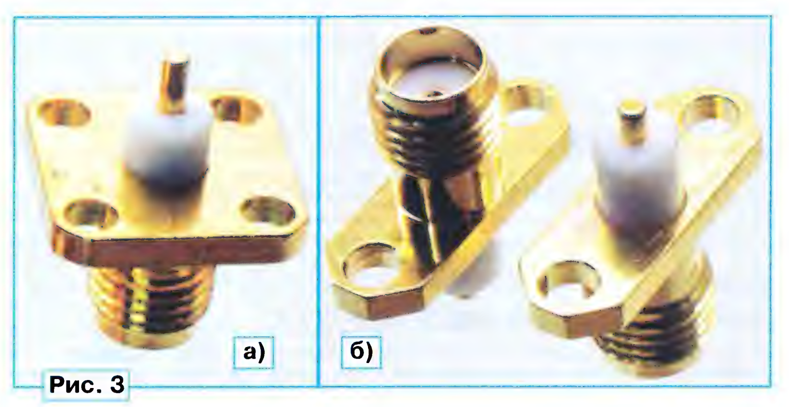


Рис. 3

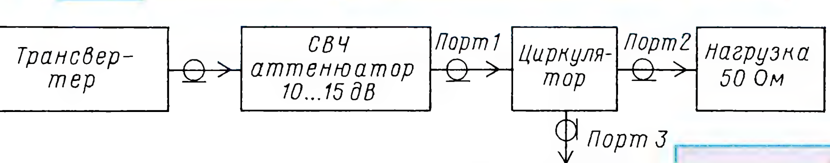


Рис. 4

Практика показала, что изготовление облучателей с отклонением в размерах ±0,5 мм даже в диапазоне 3 см не приводит к ухудшению расчётных характеристик и изменению диаграммы направленности облучателя.

Ввиду того что радиолюбители могут применять SMA-разъёмы разных типов (**рис. 3**,а и рис. 3,б) и соответственно другие детали для изготовления зонда (излучателя), в рупоре предусмотрены винты М3 или М4 из меди или латуни для настройки КСВ. Гайки, также латунные или медные, паяют к внешней стенке трубы. После настройки облучателя винты должны быть законтрены второй гайкой или залиты эпоксидным клеем.

Изготовление рупора начинают с разметки штангенциркулем медной трубы. Сверление отверстий желательно провести с помощью сверлильного станка для соблюдения соосности отверстий. Образующую рупора (конус) можно выполнить из медного, латунного или жестяного листа толщиной 0,2...0,4 мм. Для создания шаблона удобно использовать программу Cone Layout [1]. Она позволяет рассчитать и распечатать по усечённому конусу развёртку-шаблон, по которому можно вырезать и спаять по шву образующую рупора.

Задняя стенка облучателя изготовлена из медной или латунной пластины толщиной от 0,2 мм, припаянной по периметру окружности. Если волновод алюминиевый, необходимо выточить цилиндр диаметром на 0,1...0,2 мм меньше внутреннего диаметра волновода и закрепить её внутри электропроводящим клеем из ремкомплекта подогревателя заднего стекла автомобиля. После этого шов следует проклеить эпоксидным клеем ЭДП.

Как правило, из-за отсутствия промышленных измерительных приборов основную сложность для радиолюбителей представляет настройка облучателей по КСВ на рабочей частоте. Диаграмма направленности, а значит, и поле в раскрыве зеркала получаются автоматически при условии соблюдения размеров в изготовленном облучателе.

Существуют несколько способов настройки облучателей с использованием самодельных детекторов, СВЧ-мостов и направленных ответвителей. С описанием удачной конструкции можно ознакомиться в статье UA3DJG [2], но этот способ требует мощности не менее 50...100 мВт для корректной работы детектора ввиду его малой чувствительности.

Автор настраивал облучатель диапазона 3 см с помощью логарифмического СВЧ-детектора на основе микросхемы AD8317 фирмы Analog Device и переделанного из микрополоскового вентиля циркулятора диапазона 8...12 ГГц. Переделка вентиля заключалась в демонтаже штатной нагрузки и установки на это место коаксиального разъёма. Логарифмический детектор на AD8317 и его схема подробно описаны в [3]. Там же приведены плата и топология для монтажа. Использовать этот широкополосный детектор можно с любым тестером как индикатор и измеритель СВЧ-мощности от −50 до −5 дБм в диапазоне от 1 МГц до 10 ГГц. Применяя сменные аттенюаторы на входе измерителя, можно расширить динамический диапазон измерения СВЧ-мощности.

Функциональная схема стенда для настройки показана на **рис. 4**. Перед настройкой облучателя стенд необходимо проверить с помощью калиброванной нагрузки 50 Ом, присоединённой к порту 2 циркулятора. Уровень СВЧ-сигнала на входе логарифмического детектора должен при этом отмечаться как минимальный. При отключении нагрузки уровень сигнала на детекторе должен значительно возрасти. Можно откалибровать этот измерительный стенд в единицах КСВ с некоторой погрешностью исходя из отношения падающей мощности и отражённой от облучателя или с помощью калькулятора Return Loss/VSWR программы RFSim99. После этого можно присоединить к порту 2 циркулятора облучатель и начинать его настройку.

Принцип измерения КСВ заключается в том, чтобы получить минимальные отражения от облучателя на третьем порте циркулятора, подавая СВЧ-сигнал на первый порт. Причём сам уровень сигнала на детекторе не важен — подстроечными винтами на облучателе необходимо привести этот уровень к минимуму.

Так как зачастую у радиолюбителя отсутствует СВЧ-генератор и он использует в качестве источника сигнала трансвертер, необходимо применять аттенюатор с затуханием не менее 10...15 дБ. Это, прежде всего, требуется для соблюдения правил техники безопасности при работе с СВЧ-излучением, а также дополнительно развязывает измерительный стенд и выход трансвертера, что исключает повреждение оконечного каскада трансвертера при ошибках в подключении и при настройке облучателя. Аттенюаторов СВЧ-мощности производится достаточно много, чаще всего это продукция фирм Amphenol, HP, MiniCircuits (**рис. 5**).

Рис. 5

СВЧ-аттенюатор можно заменить отрезком коаксиального кабеля с известным затуханием. Например, кабель типа QuickForm 141 длиной 5 м имеет затухание на частоте 10 ГГц от 6 до 8 дБ в зависимости от производителя. Применяя другие типы кабелей, необходимо смотреть их паспортные данные затухания для частот 5 и 10 ГГц. И главное, удостовериться, что SMA-разъёмы заделаны качественно и кабель рассчитан для работы на частоте не менее чем 12 ГГц.

Необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе с СВЧ-излучением: ни в коем случае не направлять настраиваемый рупор в сторону людей, не заглядывать в рупор при включённом трансвертере, не приближать раскрыв рупора к окружающим предметам на расстояние менее 1 м. Лучшим решением будет направлять раскрыв рупора в окно или проводить измерения на улице.

Настраивая облучатель, установленный на антенне, недопустимо находиться в его раскрыве! Лучше всего направить антенну вверх и регулировать настроечные винты, находясь ниже облучателя. При этом излучение в вашем направлении будет минимальным, кстати, чего сложно достичь при

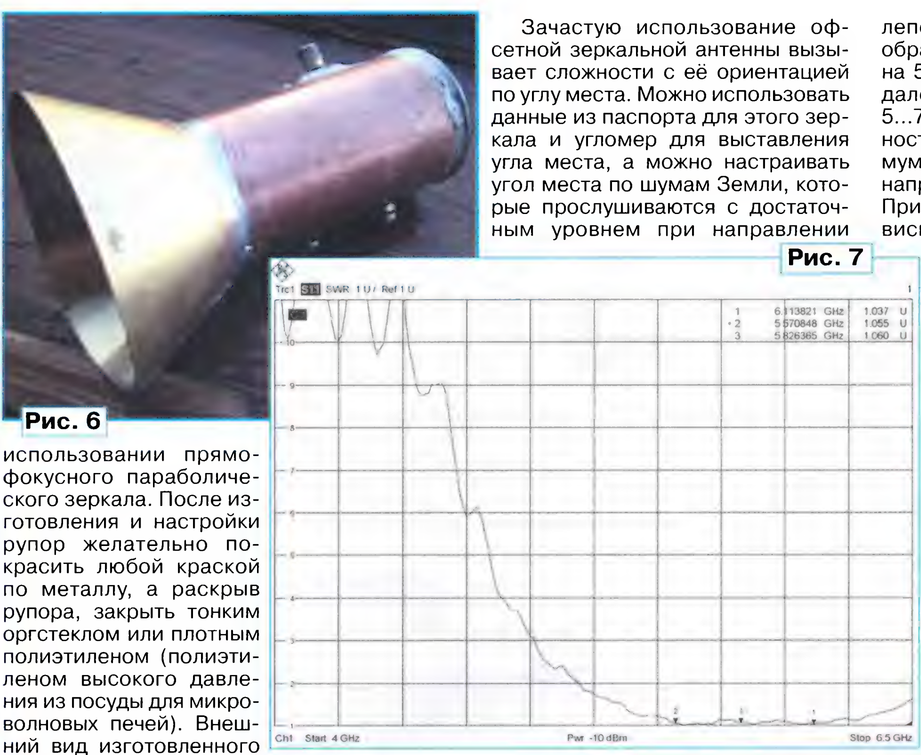


Рис. 6

Рис. 7

использовании прямофокусного параболического зеркала. После изготовления и настройки рупор желательно покрасить любой краской по металлу, а раскрыв рупора, закрыть тонким оргстеклом или плотным полиэтиленом (полиэтиленом высокого давления из посуды для микроволновых печей). Внешний вид изготовленного автором рупора для диапазона 6 см показан на **рис. 6**. На **рис. 7** представлена его диаграмма КСВ, снятая с помощью векторного анализатора цепей.

Зачастую использование офсетной зеркальной антенны вызывает сложности с её ориентацией по углу места. Можно использовать данные из паспорта для этого зеркала и угломер для выставления угла места, а можно настраивать угол места по шумам Земли, которые прослушиваются с достаточным уровнем при направлении антенны в горизонт и ниже горизонта. Я всегда после установки зеркала на поворотный механизм юстирую угол места для направления максимума лепестка антенны в горизонт таким образом: направляю антенну примерно на 5...7° ниже предполагаемого нуля и далее приподнимаю выше на те же 5...7°. Примерно при средней интенсивности шума между минимумом и максимумом изменения угла места и будет направлением максимума в горизонт. При работе с корреспондентами, в зависимости от типа распространения СВЧ-сигнала, приходится корректировать угол места, как правило, на 2...5° в плюс по максимуму принимаемого сигнала. Особенно это заметно при QSO с использованием отражения от гидрометеоров.

По изложенному описанию было изготовлено около 15 рупоров обоих диапазонов. Все они были успешно использованы в проведении экспериментальных связей в СВЧ-днях активности, посвящённых Дню Победы в 2013 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cone Layout 2.0.5. — URL: **http://cone-layout.joydownload.ru/** (25.03.2015).

2. Простые ВЧ-мосты для диапазонов 1.3, 5.7 и 10 GHz. — URL: **http://www.vhfdx.ru/apparatura/ua3djg_bridge** (25.03.2015).

3. Log Detector/Controller AD8317. — URL: **http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD8317.pdf** (25.03.2015).

SK

Замолчала радиостанция ***Александра Пашкова (UA9OA)***, который очень много сделал для развития радиолюбительства и радиоспорта как в Советском Союзе, так и в современной России. Достаточно сказать, что как профессионал он долгие годы возглавлял Новосибирский радиоклуб, а как настоящему радиолюбителю его коллеги многие годы доверяли руководство областным отделением СРР и областной ФРС. Именно на таких людях и держится наше радиолюбительство!

Микрофонная стойка

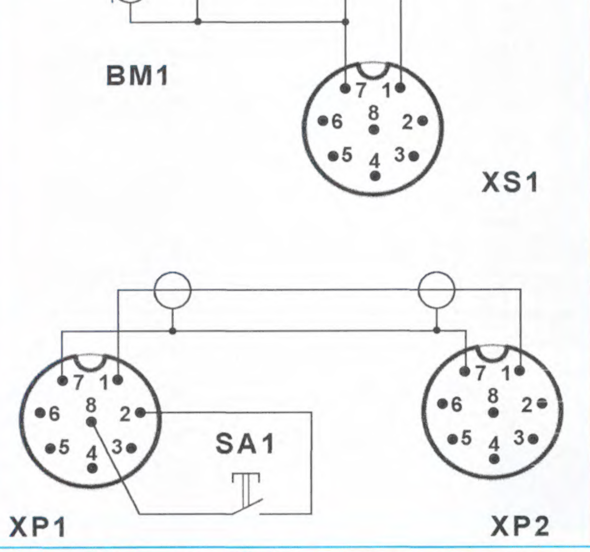
Дмитрий ИНОЗЕМЦЕВ (UA1ZKI), г. Мурманск

Известно, что нет предела совершенству. В японской системе бережливого производства 5S, зародившейся на Toyota, даже есть такое понятие — "воспитание совершенства". И в наших, как и в большинстве японских малогабаритных шэков, мало места на рабочем столе. Я давно задумывался о том, как бы сделать просторней рабочую зону, но расставаться с отличным микрофоном Kenwood MC-60A очень не хотелось. После его очередного падения на ногу зародилась идея оставить его подвешенным в воздухе и уже без тяжёлой подставки. В памяти всплыла картинка из экскурса в студию на одной из наших местных радиовещательных станций. Там микрофон был закреплён на подвесной системе. Однако такое оборудование очень дорого. Поиск в Интернете вывел на американскую фирму Heil, но цены там...

Рис. 1

Поиски закончились, когда взор наткнулся на настольную лампу, давно просившуюся на покой. Вот оно, эврика! Следуя своей традиции, осталось её минимально доработать. Первым делом был разобран шарнир и снята собственно лампа с дросселем и кабелем, подводящим напряжение 230 В, — впоследствии это всё пригодилось в другом месте. На месте лампы был закреплён микрофонный держатель от профессиональной микрофонной стойки, купленный в музыкальном магазине (**рис. 1**). Цена вопроса — 150 руб. Внутри держателя приклеен отрезок двухстороннего скотча для лучшего сцепления с микрофоном при возможно больших углах его наклона. В основании кронштейна просверлено отверстие под винт M4×25. Все образовавшиеся полости были залиты прозрачным (какой был в наличии) клеем из термопистолета, а затем окрашены чёрным маркером для CD. Теперь это место даже вблизи трудно отличить от заводского изготовления.

Рис. 2



Пока я занимался этой конструкцией, подоспела посылка с педалью PTT и микрофонными разъёмами для подключения к трансиверу. Сдвоенный микрофонный кабель был разделён на две ветви длиной около 1,2 м. От дальнейшего распускания его предохраняет кольцо из чёрной (по цвету кабеля) термоусадочной трубки. Одна ветвь была заведена внутрь будущей микрофонной стойки и выпущена у шарнира с микрофонным держателем, разделана и запаяна в 8-контакный разъём XS1 (**рис. 2**). Другая ветвь кабеля пропущена в отверстие в столешнице и распаяна в напольной педали SA1 "Передача". Образовавшийся третий конец кабеля (сдвоенный) распаян в разъём XP1, подключаемый к микрофонному входу трансивера.

Схема распайки разъёма приведена для трансивера KENWOOD TS-570 DG. Она совместима со многими аппаратами этого производителя. Я думаю, что подойдёт и к более ранним моделям этой фирмы, у которых используется 8-штырьковый разъём, таким как TS-450, TS-480, TS-850, TS-870, TS-890, TS-2000. То есть почти ко всем КВ-трансиверам фирмы KENWOOD выпуска 1980—2010 гг., поскольку в списке опций к этим аппаратам указан всё тот же микрофон De Luxe Kenwood MC-60A. Так что и распайка разъёма внутри трансивера у них одинаковая.

Рис. 3

Струбцина основания стойки, служащая для крепления к столешнице, у меня не задействована, а сам подпятник прикручен мощными шурупами непосредственно к стене (**рис. 3**).

В нерабочем положении или при работе другими видами модуляции я убираю микрофон вертикально в угол. При работе в длительных контестах такой держатель микрофона позволяет поработать и стоя. В качестве последнего штриха в том же музыкальном магазине был приобретён чёрный поролоновый ветрозащитный колпачок и закреплён на микрофоне чёрной резинкой.

При необходимости выездной работы менее чем за одну минуту микрофон извлекается из ставшей теперь стационарной стойки и вставляется в "родную".

ШИШКИН С. Микроконтроллерное устройство охраны. — Радио, 2013, № 6, с. 43, 44.

Печатная плата микроконтроллера.

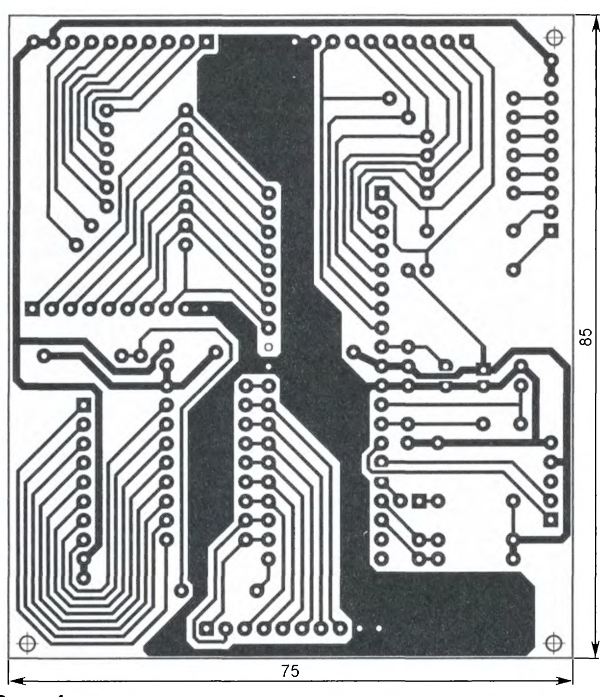
Чертёж возможного варианта платы показан на **рис. 1**. На ней размещены все детали, кроме выключателей и светодиодов. Резисторы — МЛТ, С2-33, конденсатор С1 — оксидный импортный, С2, С3 — керамические К10-17, С4, С5 — керамические КД-1. Кварцевый резонатор ZQ1 — в корпусе HC-49S. Во избежание выхода микроконтроллера из строя при монтаже (из-за перегрева выводов или влияния статического электричества) рекомендуется установить на плате 40-гнёздную розетку (панель). Проволочную перемычку, соединяющую печатные проводники на стороне деталей, следует впаять до установки розетки. Вилка XP1 — прямая WF-5. Для соединения с выключателями SF1—SF24 и светодиодами HL2—HL25 на плате устанавливают шесть десятиконтактных прямых вилок WF-10 (их нумерация продолжает начатую XP1).

ОСТРОУХОВ Н. Дистанционный контроль температуры с отображением на видеорегистраторе. — Радио, 2013, № 4, с. 40—42.

Печатная плата УОиС.

Чертёж возможного варианта платы этого устройства показан на **рис. 2**. На ней размещены все детали, кроме светодиодов и разъёмов. Для связи с компьютером на плате установлена микросхема MAX232CPE (DA2). Резисторы — МЛТ, С2-33, конденсаторы С1, С2 — керамические К10-17, С3, С4 — керамические КД-1, С6—С9 (сохранены позиционные обозначения конденсаторов по схеме УИТ (рис. 1 в статье) — оксидные импортные. Отсутствующий на схеме конденсатор С5 (также оксидный импортный 100 мкФ на 16 В) — блокировочный. Кварцевый резонатор ZQ1 — в корпусе HC-49S. Монтажные перемычки (джамперы) S1—S8 — MJ-0-4. Во избежание выхода микроконтроллера из строя при монтаже (из-за перегрева выводов или влияния статического электричества) рекомендуется установить на плате 28-гнёздную розетку (панель).

Чертёж возможного варианта печатной платы УИТ опубликован в "Радио", 2014, № 7, с. 64.



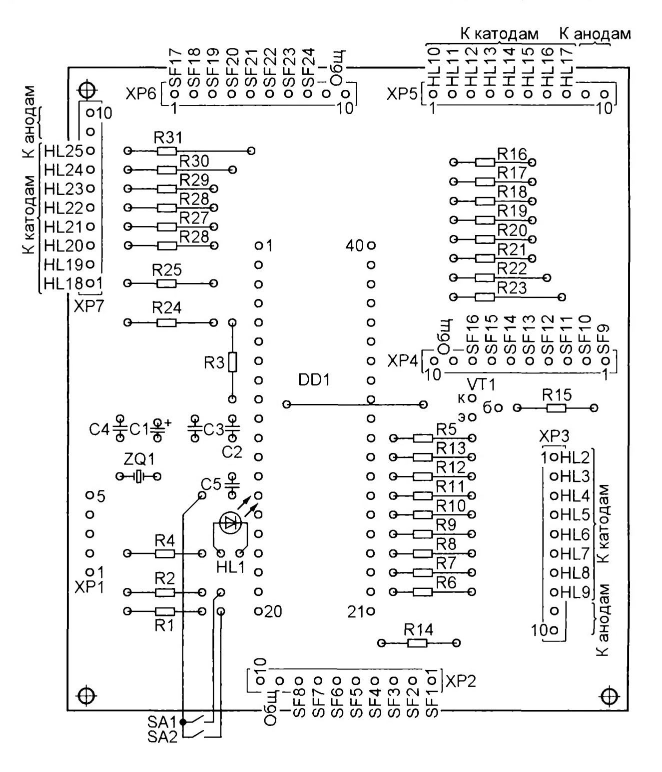


Рис. 1

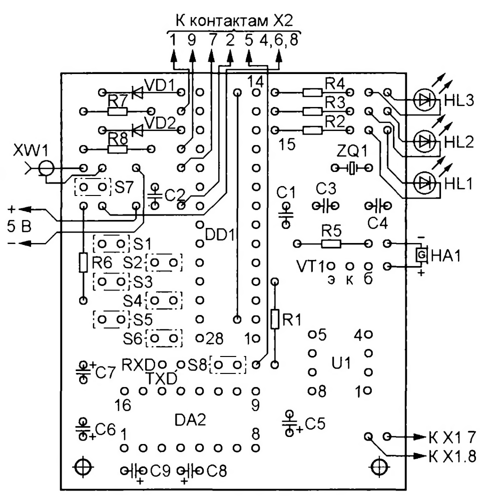


Рис. 2

НЕЧАЕВ И. Лабораторный блок питания из ИБП. — Радио, 2014, № 8, с. 32—34.

О реле K1.

Указанным в статье требованиям к техническим характеристикам отвечают имеющиеся в продаже 12-вольтные реле 801H-1C-C 12VDC (сопротивление обмотки — 400 Ом, номинальный ток — 30 мА), TR72-12VDC-SC-C-R (соответственно 320 Ом и 37,5 мА), TRC-12VDC-FB-CD (320 Ом, 37,5 мА), TRD-12VDC-SB(C)-CL (400 Ом, 30 мА).

HOEVEN, son Envoyé Extraordinaire et Ministre Plénipotentiaire près Sa Majesté l'Em...ur de T...s Russi...

150..., 140..., 120...

(см. статью на с.7)

SA MAJESTÉ LE SHAH DE PERSE, MIRZA ABDULRAHIM KHAN

Документы Международной телеграфной конференции в Санкт-Петербурге (1876 г.).

Фрагменты первой Международной телеграфной конвенции.

SA MAJESTÉ L'EMPEREUR DE TOUTES LES RUSSIES. M. le Baron ALEXANDRE JOMINI, son Conseiller privé actuel. Dirigeant le Ministère des Affaires Etrangères;

Представители стран на первой Международной конференции (1865 г.).

son Ambassadeur Extraordinaire et Plénipotentiaire près Sa Majesté l'Empereur de Toutes les Russies;

Уважаемые читатели!

Продолжается подписка на бумажную версию журнала «РАДИО» на второе полугодие 2015 г. Подписная цена одного номера журнала «РАДИО» по каталогу Роспечати 135 рублей. Подписные индексы: Каталог Агентства РОСПЕЧАТЬ 70772; Объединённый каталог «Пресса России» 89032; «Каталог Российской прессы» Почта России 61972.

«Межрегиональное агентство подписки» в период с 1 апреля по 30 июня 2015 г. проводит призовую акцию для подписчиков — конкурс «Будь в курсе! Подписка — всегда стабильный курс!». Полные правила конкурса размещены на www.map-smi.ru и www.vipishi.ru

В РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «РАДИО» МОЖНО ПРИОБРЕСТИ ЖУРНАЛЫ

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			в Россию	в остальные страны
2008	1—12	10 руб.	60 руб.	75 руб.
2009	1—12	20 руб.	70 руб.	85 руб.
2010	1—12	25 руб.	75 руб.	90 руб.
2011	1—12	45 руб.	95 руб.	110 руб.
2012	1—12	80 руб.	120 руб.	140 руб.
2013	1—12	95 руб.	155 руб.	165 руб.
2014	1—12	110 руб.	165 руб.	180 руб.
2015	1—6	125 руб.	185 руб.	200 руб.
2015	7—12	135 руб.	195 руб.	210 руб.

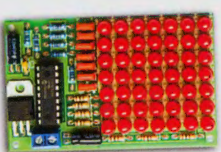
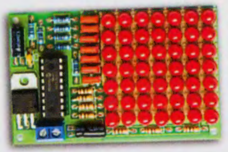
Деньги за интересующие вас журналы необходимо отправить почтовым или банковским переводом на расчётный счёт:

**Получатель ЗАО "Журнал "Радио".
ИНН 7708023424,
р/с 40702810438090103159,
в ОАО "Сбербанк России" г. Москва,
к/с 30101810400000000225,
БИК 044525225.
Только при почтовом переводе указывайте почтовый индекс банка — 101000.**

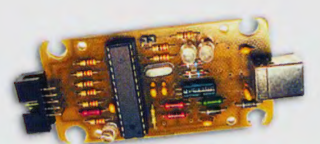
При переводе обязательно укажите, за что вы переводите деньги и свой точный почтовый адрес с почтовым индексом. После того как деньги поступят на наш расчётный счёт, мы отправим ваш заказ.

НАБОРЫ ЖУРНАЛА “РАДИО”

http://kits.radio.ru

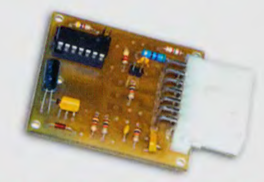
«Автомат световых эффектов на микроконтроллере».



«USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910».

«Программируемый терморегулятор для системы отопления».

«Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П».



«Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676».

«Усовершенствованное цифровое устройство защиты с функцией измерения».